

FAO/CAIS/59/1

TAO/LAT/25

8 de diciembre de 1959

ORIGINAL: ESPAÑOL-FRANCES

PROYECTO PARA LA FABRICACION DE CELULOSA  
Y PAPEL EN CENTROAMERICA

Informe final sobre las bases técnicas, económicas y financieras y  
anteproyecto industrial para el establecimiento en Honduras de una  
fábrica de celulosa y papel kraft integrada con industrias madereras,  
como parte del Programa de Integración Económica del Istmo  
Centroamericano

Volumen II: ANEXOS

Proyecto preparado por los señores Paul M. Le Cacheux, experto en fabricación de celulosa y papel, Angelo De Tuddo, economista, Louis Huguet, experto forestal, de la FAO, y por Wilfredo Pflüker, experto en financiamiento de la Dirección de Operaciones de Asistencia Técnica de las Naciones Unidas.

INDICE

	<u>Página</u>
Anexo I. Descripción geoeconómica de Honduras	1
Anexo II. Análisis estadístico del inventario forestal de pinos (Macizo principal de Olancho Norte)*	i
Anexo III. Estudio de las fotografías aéreas y mapa forestal de la zona norte del monte principal	5
Anexo IV. Experimentos con el Pinus Oocarpa de Honduras para la fabricación de pasta y papel	11
Anexo V. Cálculo del caudal de agua necesario para alimentar las instalaciones industriales y la ciudad prevista y para asegurar su desarrollo futuro	57
Anexo VI. Informe sobre los problemas de caminos y transporte para la explotación forestal y la operación de la fábrica de celulosa y papel proyectada en Honduras	137
Anexo VII. Descripción sumaria de la comunidad industrial y justificación de las cifras de inversión que respecto a ella figuran en el informe principal	213

\* Por razones de urgencia editorial el anexo II se incorpora en este volumen con numeración separada de romanos.

Anexo I

DESCRIPCIÓN GEOECONÓMICA DE HONDURAS

La República de Honduras está situada en la parte media del Istmo Centroamericano, entre las latitudes 12°58' y 16°02' Norte y las longitudes 83°10' y 89°17' Oeste. Linda al norte con el Mar Caribe donde se encuentran las Islas de la Bahía, que se extienden hasta la latitud 17°24' Norte, al sureste con Nicaragua, al sur con el Golfo de Fonseca y El Salvador, y al oeste con Guatemala. Segunda en extensión entre las repúblicas del Istmo, con una superficie total de 112 988 Km<sup>2</sup> conforme al censo agropecuario de 1952, es en cambio una de las menos pobladas: con 1 711 000 habitantes en 1956, su densidad de población es de 15.1 habitantes por Km<sup>2</sup>. Sin embargo, el índice anual de crecimiento neto demográfico pasa de 3 por ciento, y de 1950 a 1956 la población ha aumentado en 342 000 habitantes. Se estima, pues, que en 1958 la población hondureña alcanzó 1.8 millones de habitantes.

El país es sumamente montañoso con cordilleras que lo recorren de noroeste a sureste, y se puede considerar formado esencialmente por una meseta de una altura media de 600 a 1 000 metros, con picos que en algunos casos pasan de los 3 000 metros. Debido a la orografía del país, sólo en la cercanía de las costas, y especialmente de la atlántica, hay tierras planas y calientes, mientras que la gran mayoría del territorio se encuentra en la zona de tierras altas con clima templado.

A causa de su condición orográfica, y especialmente de la falta de vías de comunicación con algunas regiones muy montañosas o demasiado alejadas del centro del país o de las costas, en 1956 casi el 85 por ciento de la población estaba concentrado en la región central y en las zonas costeras, mientras que en los departamentos de Colón, Olancho, El Paraíso y Gracias a Dios, que juntos representan casi la mitad de la superficie terrestre, sólo vivía el 15 por ciento de la población total. Conforme al censo de 1950, el 69 por ciento de la población era rural; en este mismo año, el 83.3 por ciento de la población activa --unas 631 500 personas-- estaba ocupado en la agricultura, el 7.4 en la industria manufacturera y de la construcción, el 2.0 en el comercio, el 1.9 en el transporte y comunicaciones, el 0.6 en las minas, el 3.2 en los servicios y el 1.4 en el gobierno.

/Honduras es

Honduras es un país esencialmente agrícola; de la superficie total de 11.3 millones de hectáreas, en 1955 se clasificaban como superficie agrícola casi 2 957 000 hectáreas, de las cuales 997 000 eran de tierra laborable y cultivos arbóreos y 2 millones de praderas y pastos permanentes; la superficie boscosa comprendía unas 4 816 000 hectáreas, y entre terrenos edificados, tierras no utilizables y otras había unos 3.4 millones de hectáreas.

Más de la mitad (54.1 por ciento) del producto bruto nacional al costo de los factores en 1952 se originó en las actividades agropecuarias, forestales y pesqueras, mientras que la industria manufacturera representó sólo el 9.5 por ciento. En 1957, el 52 por ciento del producto bruto nacional --estimado en 688 millones de lempiras (2 lempiras = 1 dólar)-- se originó en actividades agrícolas, y el 12 por ciento en actividades industriales. El ingreso anual por habitante fue de 120 dólares en 1950, 140 en 1952 y 169 en 1957, a precios corrientes.

Las exportaciones de productos agropecuarios representan en promedio más del 80 por ciento del total de las exportaciones. En 1957 éstas llegaron a un valor global de casi 64 millones de dólares, representadas esencialmente por las de banano (33.7 millones), café (11.9 millones), tabaco (0.9 millones), algodón (0.35 millones), ganado vacuno y porcino (2.3 millones), granos (0.9 millones), minerales (2.9 millones) y productos forestales (7.2 millones). La gran mayoría de las exportaciones se dirige hacia los Estados Unidos y el Canadá, seguidos por El Salvador y Cuba. En el mismo año el total de las importaciones alcanzó la cifra de 68.7 millones de dólares y se componían principalmente de artículos manufacturados, maquinaria y material de transporte y productos alimenticios.

Debido a la orografía del país --que limita las zonas de cultivo a valles separados por sierras difíciles de atravesar--, al sistema de tenencia de la tierra --que, si se exceptúan las grandes concesiones bananeras, consiste esencialmente en pequeñas unidades autosuficientes y muy diseminadas-- y a lo costosa que resulta la construcción de caminos y otros medios de comunicación, Honduras afronta el grave problema

/de la carencia

de la carencia de transportes, que acentúa la división del país entre regiones aisladas y la escasez de vínculos entre las zonas costeras, orientadas principalmente hacia la exportación, y las de la meseta central. Esta situación es particularmente aguda en los departamentos que, como el de Olancho, se caracterizan por el predominio de cadenas montañosas y por la existencia de grandes extensiones de bosques, los cuales resultan en muchos casos de difícil acceso y, por lo tanto, de difícil explotación económica.

La red ferroviaria de Honduras cuenta con un total de 539 Km (1 267 Km sustrando los ramales destinados al servicio de las plantaciones bananeras), de los cuales 101 Km pertenecen al Estado y los demás a las dos compañías bananeras.

En lo que se refiere a la situación portuaria y marítima, el litoral de Honduras es extenso en la costa norte (unos 680 Km) y bastante reducido en la costa sur, en el Golfo de Fonseca (unos 153 Km). Por orden de importancia los puertos en explotación son Puerto Cortés, Tela y La Ceiba en la costa norte, y Amapala en la costa sur. Este último es puerto nacional; los demás están concesionados. Los tres puertos atlánticos manejan casi el 90 por ciento de la carga total de exportación e importación. Sin embargo, sólo Puerto Cortés tiene un hinterland que se extiende hasta la parte central del país, a través del ferrocarril a San Pedro Sula y Potrerillos y la carretera entre Potrerillos y Tegucigalpa. Los otros dos puertos sirven más bien al movimiento de carga en las zonas bananeras.

En la costa atlántica se encuentra además Puerto Castilla que, según los técnicos, posee sin duda la mejor bahía no sólo de Honduras sino quizá de toda Centroamérica, pero que en la actualidad se encuentra prácticamente abandonado y con un movimiento casi nulo debido a la falta de un hinterland y de vías de comunicación con el interior desde que las plantaciones de banano existentes en la región fueron abandonadas hace años a causa de plagas y la compañía frutera levantó la vía férrea que antes conectaba el puerto con Olancho. Este puerto, por sus características técnicas y la cercanía a la región de pinares de Olancho, ha sido tomado en consideración como posible puerto de salida de los productos de la fábrica de celulosa y papel y del asseradero anexo.

El sistema vial tiene mucha importancia en Honduras, pues --con la excepción del tráfico de la costa norte-- todos los productos que no se movilizan

/por avión

por avión tienen que usar los caminos carreteros. Sin embargo, la longitud total de los caminos del país es bastante reducida: en 1953 había 1 730 Km de caminos, de los cuales 1 355 correspondían a rutas nacionales, y en 1957 la longitud total de la red vial era de 2 517 Km de los cuales 881 transitables en todo tiempo. Desde 1950, el Gobierno ha empezado un programa de gran importancia y largo alcance para mejorar y ampliar todo el sistema de carreteras del país.

En vista de que los sistemas ferroviarios y de carreteras no permiten comunicaciones directas entre las distintas zonas del territorio y los principales centros comerciales o imponen a los productos un fuerte gravamen por concepto de fletes y tiempo, el transporte aéreo tiene en Honduras una importancia especial. En particular, las comunicaciones aéreas internas han tenido gran desarrollo en estos últimos años, y hoy en día dos compañías aéreas hondureñas suministran servicio de pasajeros y carga a unas 30 localidades, transportando un volumen bastante elevado de mercancías.

La región de Olancho se encuentra todavía incomunicada tanto hacia el interior como hacia el mar; sin embargo, se está completando la rehabilitación de la plataforma del antiguo ferrocarril de Puerto Castilla a Olancho, que podrá usarse como un camino permanente de mucha utilidad para la zona del Valle del Aguán y que podría servir en lo futuro como infraestructura para una carretera de mejores especificaciones entre el puerto y los pinares de Olancho.

## ANEXO II

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL INVENTARIO FORESTAL DE PINOS (Macizo principal de Olancho Norte)

#### 1. Introducción

En el informe de los expertos forestales se encontrará la descripción del macizo forestal que ha sido elegido para alimentar la fábrica de pasta y papel proyectada en Honduras, y los resultados del inventario efectuado en este bosque por el Ing. H. Bloch, experto forestal, en 1956 y en 1957. Los pormenores de ese inventario aparecen en los gruesos volúmenes en que se han recopilado los resultados de todas las medidas y de todos los recuentos efectuados.

Dado que las operaciones de inventario representan un dilatado trabajo, penoso y costoso, parece oportuno proceder, a partir de los datos recogidos, a un análisis estadístico bastante completo a fin de obtener el mejor provecho del conjunto de informaciones del inventario. Aunque tales trabajos son también bastante largos debido a la cantidad de cálculos necesarios, su costo es bajo comparativamente con el trabajo material del inventario, a causa de lo que atecede es de interés darles todo el desarrollo deseado. El objeto principal del presente informe es estimar, mediante ayuda del análisis estadístico, los valores medios más verosímiles de los diferentes datos del inventario y el grado de precisión de estos resultados, a más de suministrar los elementos que permitan a los forestales representarse una imagen del bosque para apreciar las mejores modalidades de explotación, teniendo en cuenta el estado actual del bosque y su evolución probable. Esta última previsión, de cualquier manera, es difícil, o debería basarse sobre observaciones de duración bastante prolongada y sobre datos que conciernan las densidades de poblamiento de los árboles muy jóvenes que no aparecen en el inventario.

#### 2. Resumen de los resultados

El cuadro No. 1 que aparece a continuación resume los resultados del estudio estadístico. Habiendo el inventario dividido el bosque en 2 partes, una de pinus oocarpa (ocote) y otra de una variedad de pinus oocarpa (designada bajo el nombre de Pinabete rojo), esta división se ha mantenido en el estudio estadístico. Sin embargo, las diferencias entre estos dos tipos de árboles y de bosque son poco significativas, lo cual ha permitido agrupar los resultados.

/Cuadro 1

Cuadro 1  
Resultados del estudio estadístico del inventario

<u>Superficies</u>		Especies	<u>Número de árboles por hectárea</u>		<u>Volumen medio actual por hectárea</u>		<u>Volumen total</u>	<u>Crecimiento bruto actual</u>		
Ha	Error <u>a/</u> relativo		n	Error <u>c/</u> relativo	m <sup>3</sup>	Error <u>c/</u> relativo		m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> /Ha año	m <sup>3</sup> año
175 000		Ocote (Pinus oocarpa)	65.5 ±	13%	84.6 ±	16.5	14 800 000	2.4	416 000	
92 000		Pinabete Rojo <u>b/</u>	81.2 ±	21%	96.8 ±	26.3	8 907 000	3.2	295 000	
267 000	± 15%	Medias ponderadas	70.9 ±	11%	88.7 ±	14.2	23 707 000	2.66	711 000	
<u>Total</u>								± 19% <u>e/</u>	± 15% <u>f/</u>	± 22% <u>g/</u>
<u>Número de árboles</u>										
18 936 000										
± 18% <u>d/</u>										

- Nota: Las cifras que aparecen en este cuadro se han redondeado conforme al cálculo efectuado con las cifras exactas.
- a/ Estimación empírica que debe ser revisada después de establecer un mapa exacto.
  - b/ Difieren ciertamente, del Pinus pseudostrobus. Verosíblemente se trata de una variedad de Pinus oocarpa.
  - c/ Error relativo del que hay 95% de oportunidades de no sobrepasar, calculado por métodos estadísticos. Se dan los cálculos detallados en el estudio estadístico. Para el cálculo del error sobre las medias ponderadas ver el cuadro \_\_\_\_\_.
  - d/, e/ Teniendo en cuenta el error estimado sobre la superficie.
  - f/ Estimación semiempírica por comparación con los cálculos efectuados para el error sobre el volumen.
  - g/ Teniendo en cuenta la estimación inmediata anterior y el error estimado sobre la superficie total.



ESTUDIO ESTADÍSTICO DEL INVENTARIO FORESTAL <sup>1/</sup>

## Capítulo I

Precisión de los resultados1. Recordatorio del método empleado para el inventario

El macizo forestal estudiado es un conjunto del cual el inventario ha sacado en cierta manera una muestra. Esta muestra ha sido sacada trazando unas líneas rectas en el macizo siguiendo dos direcciones burdamente perpendiculares y dividiendo estas líneas en parcelas de una hectárea<sup>2/</sup> que forman la unidad de inventario. Estas parcelas, contiguas sobre los primeros 44 intervalos de la línea E y los primeros 30 intervalos de la línea F, se separan enseguida por un intervalo de 500 m. En algunas líneas secundarias el intervalo es, sin embargo, mucho más grande y sólo algunas parcelas aparecen en el inventario.

La elección de esta forma de muestreo ha sido impuesta por las circunstancias, particularmente por la necesidad de medir, por medio de líneas rectas, las dimensiones del macizo forestal, dimensiones que parecían difíciles de estimar en ausencia de un mapa a gran escala de la región.

Siendo costoso el establecer y medir las líneas, no era posible multiplicarlas, lo cual explica que se haya efectuado, sobre estas líneas, un muestreo sumamente denso a fin de obtener el mejor resultado.

En cada parcela inventariada se han contado los árboles conforme a cada clase de diámetro, midiéndose el diámetro de los árboles a 1.30 m del suelo

<sup>1/</sup> El Sr. Hans Bloch, experto forestal de la FAO, efectuó este inventario en 1956 y 1957. Se encontrarán detalles sobre este trabajo en los informes del Sr. Bloch presentados en las reuniones del CAIS en 1957 en Guatemala y en 1958 en Tegucigalpa, Doc. FAO/57/1/604, y "Plan preliminar de manejo forestal para la región noreste de Olancho", (1958). Dos ejemplares completos del inventario han sido remitidos al gobierno de Honduras, uno de ellos al servicio forestal. Se ha creído oportuno, no obstante, publicar en el presente estudio, como anexo, los cuadros de recapitulación de recuentos que no aparecen en los dos informes citados y que forman la base del estudio estadístico.

<sup>2/</sup> 500 m x 20 m.

la primera clase comprende los árboles cuyo diámetro tiene de 12 a 16 cm, la segunda de 17 a 21 cm, etc. (comprendidos los límites).

En fin, se han sacado unos árboles tipo en cada línea, o porción de línea, proporcionalmente a su número en cada clase. Estos árboles se han derribado y cubicado, midiendo su edad y crecimiento contando los anillos anuales. Hay por tanto, de hecho, un muestreo de parcelas forestales con el recuento de los árboles por categoría de diámetro y, en este muestreo, un submuestreo de árboles tipo.

## 2. Estudio del error sobre el volumen total

El objeto principal del inventario forestal es estimar el volumen de madera disponible, y, en consecuencia, conviene apreciar el error cometido en esta estimación.

El inventario conduce a una estimación del volumen medio por unidad de superficie, considerándose en el presente estudio como unidad, la hectárea. A continuación, siendo estimada la superficie total conforme al mapa, se deduce de ella por simple multiplicación el volumen total disponible.

Así se observa la aparición de dos fuentes principales de error:

### a) Error referente a la estimación de la superficie

Se debe al hecho de que:

1. El mapa puede no ser exacto;
2. La delimitación del macizo forestal es impreciso;
3. La planimetría de la superficie, incluso si se efectúa con un buen aparato, trae consigo un error de medida. Pero es fácil de apreciar y reducir este último error; repitiendo muchas veces la operación de planimetría no sobrepasa el 2 por ciento.

El error debido a una posible inexactitud del mapa se ha reducido al mínimo empleando en el traslado de los contornos del macizo el mapa a 1:500 000 del USAF. Dado que se trata de un mapa establecido conforme a las normas generalmente adoptadas para este género de mapas, su precisión debe corresponder a la que se obtiene efectuando medidas visuales directas sobre el mapa no amplificado. En estas condiciones el error debido al mapa se encuentra comprendido en los errores de delimitación y de planimetría.

/Queda, por

Queda, portanto, el error de delimitación, proveniente, de inmediato, de que el contorno del macizo encierra en su definición mucho de arbitrario. Por otra parte, los límites del macizo no se pudieron reconocer más que en un número relativamente pequeño de puntos, reunidos entre sí por una curva continua, también arbitraria entre ellos. La localización de los puntos sobre el mapa, de acuerdo con las medidas efectuadas sobre el terreno, también está afectada por el error cometido sobre las medidas realizadas sobre el terreno (del orden del 5 por ciento sobre las extensiones).

Por último, resta el problema de los claros o zonas sin pinos del interior del contorno general del macizo. Para evitar este último, se ha admitido que las zonas sin pinos situadas al interior del contorno principal y encontradas por las líneas de inventario estaban contadas en el inventario como parcelas de densidad de cero, quedando incorporado el error cometido sobre su frecuencia en el error de muestreo. (Por lo contrario, en la evaluación de superficie de la zona norte del inventario por medio de fotos aéreas, estos claros han sido eliminados y, en consecuencia, se habrá de tener en cuenta esta diferencia de punto de vista al momento de comparar los resultados).

Teniendo en cuenta lo anterior, se ha admitido bastante empíricamente que el error total sobre la superficie difícilmente podía sobrepasar el 15 por ciento.

b) Error sobre el volumen medio por hectárea

El estudio de este error parte de los métodos de análisis estadístico del muestreo sacado en el bosque.

i) Error de medida. De inmediato debe hacerse notar que las medidas efectuadas: delimitación de las parcelas de muestreo, recuento del número de árboles de cada categoría de diámetro, medida de estos diámetros y medida directa del volumen en cada muestra de los árboles tipo sacados, traen todas consigo un error de operación debido a la imprecisión del conjunto de aparatos utilizados y a las faltas cometidas al emplearlos, así como un error material de recuento y de transcripción de resultados.

Todos estos errores pueden ser considerados a priori como aleatorios, o dicho de otra manera, no sistemáticos y, en consecuencia, su efecto es el de aumentar la dispersión de los resultados.

/Por tanto,

Por tanto, los errores se traducen en un aumento de las variantes de las diversas series estadísticas y, por consiguiente, se encuentran tomados en cuenta automáticamente en los cálculos de errores basados en el estudio de esas variantes.

Se cree, en consecuencia, que sería excesivo agregarlos al error calculado conforme a los métodos de análisis estadístico, porque no se tiene absolutamente ningún medio para distinguir en las variantes constatadas la parte que proviene de los errores de medida propiamente dichos, arriba enumerados, de la parte proveniente de la dispersión natural de las características estudiadas.

ii) Error proveniente del muestreo. El muestreo llevado a cabo en el macizo y el submuestreo de árboles tipo, representan sólo una imagen imperfecta del conjunto del macizo; el problema está en conocer cuánto pueden diferir los resultados encontrados por el muestreo de los que serían obtenidos por una medición perfecta del conjunto del macizo.

Debido a lo que antecede se ha dividido el trabajo de análisis en tres fases.

a) a) Estudiar el error cometido sobre los números de árboles por hectárea que forman la muestra principal;

b) Estudiar el error cometido en la apreciación del volumen medio de los árboles de cada clase de diámetro;

c) Combinar los dos errores precedentes.

c) Error en el número de árboles por hectárea o en las densidades forestales.

El método clásico consiste en analizar la distribución de los resultados de los recuentos. Estos últimos se presentan siguiendo una cierta ley estadística. Entonces se supone que la distribución estadística encontrada ha resultado de la distribución estadística desconocida del conjunto de la población real del macizo o, más exactamente, de una población ficticia infinita (universo) a la cual pertenecería la distribución real del macizo.

La hipótesis generalmente admitida es que la población ficticia infinita de las densidades forestales es normal.

En el caso del inventario efectuado hay dos hechos importantes a considerar:

/1. El examen

1. El examen de las densidades forestales totales, número total de árboles por parcela de una hectárea ( que forma una muestra de densidades forestales de parcelas de una hectárea), no se distribuye de ninguna manera siguiendo una ley normal, ni en el conjunto del macizo, ni en los subconjuntos que pueden obtenerse dividiendo el macizo en zonas.

2. La muestra obtenida, formada por unas parcelas alineadas y contiguas en un cierto número, o poco alejadas para la mayor parte de las otras, no puede considerarse como obtenida al azar. Es decir, se está muy lejos de dar una igual oportunidad de ser representadas a las diferentes parcelas del macizo.

Por tener en cuenta el primer hecho, se ha dividido de inmediato el inventario en dos zonas: zona de Pinus oocarpa (ocote) y zona de Pinabete rojo (variedad de Pinus oocarpa). Esta estratificación, legítima, puesto que es tria en otro criterio diferente al estudiado, no mejora sensiblemente la regularidad de repartición.

En estas condiciones se ha estudiado separadamente la densidad forestal de cada categoría de diámetro en cada una de las zonas, haciendo así una subestratificación que vuelve a estudiar separadamente las poblaciones de cada categoría de diámetro en cada zona.

Entonces se comprueba que estas subpoblaciones están distribuidas más regularmente y que es legítimo suponerlas extraídas de poblaciones distribuidas siguiendo unas curvas en J.

Esto conduce a buscar una forma de distribución estadística ligada a la ley de Poisson, ley por la cual la probabilidad de obtener el número X es:

$$P(X) = \frac{a^X e^{-a}}{X!}$$

Pero como se puede observar fácilmente la variación de esta ley es a, la media es a igualmente. Esta ley da unas curvas en J para a < 1, luego la media del número de árboles por hectárea para la mayor parte de las clases de diámetro es mucho mayor que 1.

Por consiguiente uno se ve conducido a suponer que X no representa un número de árboles sino un número de grupos de D árboles.

$$\frac{3}{e} = 2.71828$$

/Entonces

Entonces resulta fácil determinar D y a para que la media  $\bar{x}$  y la variación correspondan a las que han sido observadas.

Se tiene, en efecto, para N parcelas:

$$\bar{m}_x = \frac{\sum xi \cdot D}{N} = D \frac{\sum xi/D}{N} = Da$$

porque  $X = x/D$

y para la variación:

$$\begin{aligned} \sigma_x^2 &= \frac{\sum (xi - \bar{m}_x)^2}{N} \\ &= D^2 \frac{\sum (xi/D - \bar{m}_x/D)^2}{N} = D^2 \frac{\sum (xi - a)^2}{N} = D^2 a \end{aligned}$$

de donde D y a en función de  $\sigma_x$  y  $\bar{m}_x$ ;  $D \bar{m}_x = \sigma_x^2 \therefore D = \sigma_x^2 / \bar{m}_x$   
y,  $a = (\bar{m}_x)^2 / \sigma_x^2$

o si se desea poner en evidencia el coeficiente de variación:

c  $\sigma_x / \bar{m}_x$

$a = 1/c^2$  y  $D = c \sigma_x$

Se es conducido a tomar por valor aproximado de D el número entero más cercano de  $c \sigma_x$

Esta representación, naturalmente, es esquemática, porque los números de árboles de la categoría de diámetro considerada no son forzosa-mente en cada parcela un múltiplo de D y debe interpretarse D como repre-sentando un valor medio de este agrupamiento ficticio.

Admitido lo anterior se pueden reagrupar N parcelas en clases:

Categoría de diámetro $\phi$			
X = 0	clase 0	conteniendo menos de D/2	árboles diámetro $\phi$
X = 1	" 1	" de D/2 a D + D/2	
X = 2	" 2	" " D + D/2 a 2D + D/2	
X = 3	" 3	" " 2D + D/2 a 3D + D/2	

Entonces se puede juzgar de la validez del ajuste por el método clásico de t y de  $\chi^2$ .

A manera de ejemplo, para el ocote la categoría de diámetro de 12 a 16 cm (limites incluidos), clase 14, da los siguientes resultados:

/Clase de

Clase de  $\emptyset$  14

No. de parcelas 284

media  $\bar{x} = 8.32$  árboles

Coefficiente de variación  $c = 1.21$   $\sigma = 1.21 \times 8.32 = 10.07$

$$a = 1/(1.21)^2 = 0.683$$

$$D = 1.21 \times 10.07 = 12.2$$

Se toma  $D = 12$

Distribución teórica  $\frac{L}{}$

$$P(X) = \frac{a^X \exp(-a)}{X!}$$

$$e^{-0.684} = 0.5046$$

X	X!	$(0.684)^X$	P (X)	$N_t$
0	1	1	0.505	143
1	1	0.684	0.345	98
2	4	0.468	0.118	33
3	6	0.320	0.027	8
4	24	0.219	0.0046	2
>4			0.0004	
			<u>1.0000</u>	<u>284</u>

Distribución observada  $N_r$  (número real de parcelas)

	$N_r$
0 a 6 árboles	158
7 a 18 "	84
19 a 30 "	30
31 a 42 "	9
>42	3
	<u>284</u>

$\frac{L}{}$  P (X) probabilidad de una parcela de la clase X  
 $N_t$  número teórico de parcelas en la clase X  
 $N_t = 284 P (X)$

Comparación		
	$(N_t - N_r)$	$X^2 = \frac{(N_t - N_r)^2}{N_t}$
0-6	15	1.57
7-18	14	2.00
19-30	3	0.27
31-42	1	0.12
> 42	1	0.50
	Total $X^2$	<u>4.46</u>

Como se trata de una distribución de Poisson, el número de grados de libertad debe disminuirse de 2. Hay 5 grupos de observaciones, por tanto el número de grados de libertad es  $5 - 2 = 3$ .

Las tablas de Fischer y Yates para 3 grados de libertad dan una  $X^2$  máxima de 4.64 referido a 0.20 de 6.25 referido a 0.10 y de 7.8 referido a 0.05. Lo cual significa que hay cerca de un 20% de probabilidades de que los desvíos constatados entre la distribución real y la distribución teórica se deban al azar.

Debe considerarse, por tanto, que la distribución teórica es perfectamente válida, admitiendo ciertos autores, en efecto una validez tal cuando  $X^2$  es inferior al valor obtenido si se refiere a 0.05.\*

Si se admite, entonces, el ajuste por medio de las leyes del tipo (1), queda por determinar en cuanto la media encontrada  $\bar{m}_x = a D$ , se aparta de la media verdadera  $AD$  de la distribución desconocida de igual forma (1) a la cual pertenece la totalidad del macizo.

En el caso en que las  $N$  observaciones efectuadas sobre las  $N$  parcelas censadas podrían considerarse como independientes la posibilidad para que  $A$  esté comprendida entre  $a + h$  y  $a - h$  es:

$$P \frac{A + h}{A - h} = \frac{N^S}{(S - 1)!} \int_{a-h}^{a+h} a^{S-1} \exp(-Na) da$$

fórmula para la que  $S = Na$ .

\* Ver Mothes, Técnicas Modernas de Control de Fabricaciones, pág. 90, y sig. (Dunod, Paris) y F. Mills "Métodos Estadísticos", pág. 534, 3a. edición, H. Holt, Nueva York. Sin embargo, el método es sobre todo válido para concluir sobre la no validez eventual de la especificación. Por tanto es prudente, para la conclusión positiva, tomar una referencia superior a 0.05.



Esta fórmula tiende rápidamente hacia una ley normal desde que S es superior a 13, y después de llegar a esta ley mediante una sucesión de cambios de variables y de aproximaciones \*\* válidas para los valores de  $S > 13$ , se encuentra que el error relativo que hay de 95 posibilidades sobre 100 de no sobrepasar la media es:

$$\xi = \sqrt{2/S} \times \Phi^{-1}(0.95)$$

donde  $\Phi^{-1}$  es la función inversa de la función  $\Phi$  de la ley de Gauss,

$$\Phi^{-1}(0.95) = 1.386$$

en consecuencia  $\xi = 1.386 \sqrt{2/S}$

Pero como  $S = Na$  y se ha visto por otro lado que  $a = 1/c^2$ , siendo c el coeficiente de variación, se tiene

$$\xi = 1.386 c \times \frac{1}{\sqrt{N/2}}$$

Si en lugar de considerar que las leyes estadísticas aplicables al nado eran de la forma supuesta<sup>6/</sup>, se hubiera admitido la hipótesis manifiestamente falsa de leyes estadísticas normales, el cálculo clásico del error sobre la media habría conducido mediante  $N = 30$  a la fórmula:

$$\xi = 1.386 c \frac{1}{\sqrt{N-3}} \frac{1}{2}$$

La comparación de las dos fórmulas muestra, no obstante que la diferencia entre las dos formas de cálculo es prácticamente insignificante a partir del momento en que N tiene un valor superior en algunas decenas, es decir, precisamente en el dominio en que estas fórmulas son válidas.

Esto es el resultado del teorema de Laplace Liapounoff que enuncia que la suma reducida  $Z$ , de N variables independientes distribuidas cada una

\*\* a) Para la demostración de la fórmula, ver Dumas y Maheu: Los Métodos Estadísticos y su aplicación, Eyrolles, Paris, Teorema No. 423.

b) Se pone en seguida  $pa = t^2$ ,  $b = 2S - 1$ ,  $\xi = h/a$  y  $(S-1) i = T(S)$ , donde T es la función de Euler. La probabilidad dada la fórmula es, entonces, igual a:  $H_0 \sqrt{S(1+\xi)} - H_0 \sqrt{S(1-\xi)}$  y se reduce la función  $H_0$  a su aproximación por la función  $\Phi$  de la ley de Gauss. Se desarrolla en serie  $\sqrt{1+\xi}$  y  $\sqrt{1-\xi}$  y se desprecia  $\xi^2$ ,  $(\frac{0.25}{S})^2$  y  $\frac{0.25}{2S}$  delante de  $\xi/2$ .

5/ Suma reducida =  $\frac{\text{Suma} - \text{Esperanza matemática de la suma}}{\text{Desviación cuadrática de la suma}}$

siguiendo una ley cualquiera de probabilidad tiende hacia la distribución normal:

$$P(Z) dZ = 1/\sqrt{2\pi} \exp - Z^2/2 \cdot dZ$$

cuando N crece indefinidamente.

De ahí se deduce <sup>6/</sup> que "sea cual fuere la distribución estadística (de media m y de desviación tipo  $\sigma$ ) de la población madre de la que se extraen al azar N observaciones, la media de estas N observaciones, cuando N crece indefinidamente, sigue en el límite una ley normal de igual media m y de desviación tipo  $\sigma/\sqrt{N}$ ".

Se puede así escribir que la probabilidad de que la media constatada m' se desvíe o aparte de la media verdadera en menos de la cantidad/h<sub>0</sub>/ es:

$$P_{m-h_0}^{m+h_0}(m') = \frac{\sqrt{N}}{\sqrt{2\pi}} \int_{m-h_0}^{m+h_0} \exp\left[-\frac{(m'-m)^2}{2\sigma^2} N\right] \cdot dm$$

Luego, el error relativo máximo sobre m' en estas condiciones es:

$$\xi_0 = h_0/m$$

y el error relativo cometido es:

$$\frac{m' - m}{m} = \xi$$

Resulta cómodo hacer aparecer los coeficientes de variación  $C = \sigma/m$  de la población madre y, puesto que:

$$P_{m-h_0}^{m+h_0}(m') = P_{-\xi_0}^{\xi_0}(\xi) \quad (\xi)$$

y teniendo en cuenta la simetría de la función que va a integrarse:

$$P_{-\xi_0}^{\xi_0}(\xi) = \frac{2}{\sqrt{N}} \int_0^{\xi_0} \exp - \left( \frac{\xi}{C} \sqrt{N/2} \right)^2 \cdot \sqrt{N/2} \cdot \frac{d\xi}{C}$$

Efectuando el cambio de variable  $U = \frac{\xi}{C} \sqrt{N/2}$

$$P_{-\xi_0}^{\xi_0}(\xi) = (H)(U_0)$$

en consecuencia, asignando a P un valor determinado, por ejemplo 0.95, se tiene:  $(H)(U_0) = 0.95$

<sup>6/</sup> Ver, especialmente, Mothes Técnicas modernas de control de fabricación. Dunod, París, pág. 108, Teorema límite central.

y la tabla de la función  $U_0$  indica que  $U_0 = 1.386$   
de donde:

$$\xi_0 = 1.386 \ c / \sqrt{N/2}$$

$\xi$  es el error relativo de que hay 95 probabilidades sobre 100 de no exceder 0, expresado de manera diferente, tiene 95 probabilidades sobre 100 de quedar comprendida entre  $+\xi_0$  y  $-\xi_0$ . Esto en el límite, cuando N crece indefinidamente.

Por otra parte, el coeficiente de la población madre o se encuentra en esas condiciones de más en más próximo al coeficiente de variación constatado  $c'$ .

Por tanto se vuelven a encontrar exactamente las fórmulas establecidas precedentemente en el caso de población que tenga una distribución estadística determinada, pero ahora con la hipótesis de una distribución cualesquiera y la importante restricción de que la fórmula es solamente el límite hacia el que tiende el error cuando N aumenta indefinidamente.

Aunque el resultado anterior sea muy interesante en razón de su generalidad, fácilmente se ve que no permitiría por sí mismo ninguna conclusión práctica porque nada permite precisar para una ley estadística indeterminada cuál valor de N es suficientemente grande para que sea legítimo emplear la fórmula límite suponiendo N infinitamente grande.

Precisamente, para tener una idea de este valor, se ha estudiado anteriormente al valor del error en el caso de 2 leyes específicas: ley de Poisson y ley Normal, en el caso en que dan dos curvas de distribución de conductas muy diferentes.

Entonces, los resultados no difieren prácticamente para N que sobrepase una cincuentena, lo que permite emplear indiferentemente la fórmula haciendo intervenir  $\sqrt{\frac{N-3}{2}}$  o  $\sqrt{\frac{N}{2}}$ , en el conjunto de los resultados del presente inventario en el que N sobrepasa netamente una centena, porque se puede estimar muy razonablemente que las distribuciones de las poblaciones madres tienen una forma intermedia entre la de la curva de Gauss y las curvas en J.

Por otra parte, calculando el error para cada clase de diámetro y no para el conjunto del número de árboles, se opera sobre unas distribuciones parciales más regulares que la distribución del conjunto de los árboles, lo cual justifica tanto mejor el empleo de estas fórmulas.

Resta luego a considerar el otro hecho ya señalado, es decir que, estando las parcelas alineadas y próximas el muestreo no puede considerarse como efectuado al azar.

El examen de los resultados obtenidos en cada línea (para cada clase de diámetro) muestra con evidencia que, al menos para las clases de diámetro débil, existe una manifiesta correlación entre los valores del número de árboles en las parcelas contiguas.

Al interior de una misma línea de N parcelas, los N resultados obtenidos no son, pues, independientes.

Sería preciso un análisis sumamente difícil de efectuar para determinar, incluso en el caso de un inventario al azar, cuál es la influencia de la forma, de la dimensión y de la separación media de las parcelas de la muestra, sobre las precisiones de los resultados, teniendo en cuenta la forma y la dimensión de las pequeñas zonas de bosque donde la densidad forestal varía poco.

Sin tratar este asunto, sin embargo se puede constatar que la autocorrelación al interior de una misma línea tiene por efecto disminuir el número de parcelas verdaderamente representativas.

Si la densidad forestal, efectivamente, fuera siempre idéntica en los grupos de 3 parcelas consecutivas, por ejemplo, las 3 muestras formadas por esas 3 parcelas contiguas no proporcionarían más informaciones que una sola de ellas. Si se conociera a priori<sup>7/</sup> la posición de las zonas de igual densidad, es manifiesto que el número de muestras sacadas en el conjunto de esas zonas poco importaría y que la precisión de los resultados sería igual con una muestra o con varias muestras idénticas por definición. En estas condiciones, las fórmulas precedentemente establecidas, que hacen depender el error del número de muestras, serían absolutamente falsas, lo cual no es de sorprender porque la condición de independencia de los valores de la variable no sería respetada.

Ese esquema, que consiste en asimilar el macizo a un conjunto de pequeñas zonas de diferente tipo, en las cuales el carácter estudiado tendría un valor constante para cada tipo, evidentemente es demasiado simplista.

<sup>7/</sup> Por ejemplo, por examen de fotos aéreas.

Lo que se constata, tanto por el examen de las cifras del inventario como por el de las fotos aéreas, es, simplemente, la posibilidad de dividir al bosque en zonas de diferentes tipos con una débil variación del carácter estudiado en cada tipo, y no un valor absolutamente constante de ese carácter en cada tipo.<sup>8/</sup>

No obstante, como el valor medio de la extensión de tales zonas es superior al de parcelas de muestreo de una hectárea, no es posible considerar las muestras que provienen de parcelas contiguas o próximas como absolutamente distintas las unas de las otras.

A fin de tener en cuenta las consideraciones arriba citadas, se ha procedido a una corrección semiempírica de los errores calculados siguiendo el método clásico suponiendo las N muestras independientes.

Si, efectivamente, en lugar de N muestras, se tuvieran sólo  $N_1 < N$  muestras, con un mismo coeficiente de variación en los dos casos, los cuadrados de los errores relativos (sobre la media), respectivamente  $\xi_1^2$  y  $\xi^2$ , estaría, conforme a las fórmulas precedentemente establecidas, ligadas por la relación:

$$\xi_1^2 / \xi^2 = N / N_1$$

En consecuencia se tendrá  $\xi_1^2$  multiplicando  $\xi^2$  por un coeficiente  $C_r$  superior a 1.

$$\xi_1^2 = C_r \xi^2$$

El coeficiente  $C_r$  podría calcularse exactamente mediante un estudio profundo de la autocorrelación entre los resultados relativos a las parcelas de una misma línea. No se ha efectuado este estudio, que es difícil, pero se ha examinado cuál era para cada clase de diámetro el valor medio aproximativo de la extensión de los grupos de parcelas consecutivas que presentan resultados poco diferentes, lo cual es una manera de apreciar  $N/N_1$ . Se constata que la autocorrelación es menos considerable en las clases de gran diámetro, este resultado es por lo demás muy verosímil, porque las causas que influyen sobre la frecuencia de los árboles de edad son más variadas que las que determinan la frecuencia de los árboles jóvenes. A medida que el árbol envejece, se agregan causas de destrucción sin relación con el medio que lo rodea.

<sup>8/</sup> Esto justifica el método llamado de inventario estratificado basado en el examen de las fotos aéreas, en el cual las zonas de diferentes tipos se colocan sobre el terreno de acuerdo con las fotos. El carácter examinado a continuación, se estudia por el método estadístico que lleva a los muestreos sacados en cada tipo. De hecho, no es el conjunto del bosque el que es objeto de muestreo, sino sólo cada tipo de bosque. La evaluación de la extensión del conjunto de cada tipo es, efectivamente, no aleatoria, porque se establece conforme a las fotos aéreas.

/Esto conduce

Esto conduce a establecer el cuadro siguiente:

Correlación de autocorrelación por  $\xi^2$

Clase de $\phi$ (cm)	14-19	19-24	24-29	29-34	34-39	39-44	44-49	49-54	54-59	59-64	64-69	69-74	74-79	79-84
$C_r$	1.7	1.7	1.7	1.7	1.7	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.3

Los cuadros 2 a 4 dan los resultados del cálculo de la media de la variación y del coeficiente de variación del número de árboles por Ha en cada clase de diámetro para la zona de Ocote (*Pinus occarpa*) y de Pinabete rojo. Lo que es interesante de constatar es la manera por la cual cambia el coeficiente de variación con la clase de diámetro.

En efecto, se constata que este coeficiente es mínimo para las clases de 44 a 49 cm. en tanto que es muy elevado para los diámetros pequeños y los diámetros gruesos, pero esas clases tienen no obstante menos influencia que la clase central sobre el volumen total.

Por otra parte, las clases de diámetro pequeño son las que más influyen sobre el número total de árboles por hectárea.<sup>9/</sup>

Los coeficientes de variación de las clases de 19 a 54 de la zona de Ocote y de Pinabete rojo no difieren mucho, lo que confirma estadísticamente el parentesco tan estrecho que resulta del examen botánico de las dos variedades.

d) Error en el volumen de los árboles tipo

Para estudiar este error se ha procedido de la manera siguiente:

Evidentemente, existe una fuerte correlación entre el diámetro característico  $\phi$  (diámetro con corteza, a 1.30 m del suelo, aproximadamente) y el volumen del tronco sin corteza. Se ha determinado para cada árbol tipo un volumen útil (de 50 cm del suelo hasta la altura en que el tronco sin corteza tiene 10 cm).

<sup>9/</sup> Se vería conducido, por tanto, a una sobreestimación del error sobre el volumen, determinándola mediante el error global sobre el número total de árboles por Ha en combinación con el error en el volumen medio de un árbol.

Cuadro 2

Análisis estadístico del inventario forestal

Suma de los cuadrados del número de árboles en cada parcela por categoría de diámetro

Clase de $\phi$ en cm	Ocote 284 parcelas de 1 Ha <sup>a/</sup>		Pinabete rojo 111 parcelas de 1 Ha <sup>b/</sup>	
	$\sum x^2$	$m_x^2$	$\sum x^2$	$m_x^2$
14	48 400	170.4	36 532	329.1
19	40 329	142.0	28 767	259.2
24	31 613	111.3	23 466	211.4
29	25 099	88.4	17 405	156.8
34	24 493	86.2	14 089	126.9
39	20 689	72.8	10 347	93.2
44	16 043	56.5	6 703	60.4
49	10 136	35.7	4 292	38.6
54	6 756	23.8	2 770	24.9
59	3 206	11.3	1 340	12.1
64	1 995	7.0	571	5.14
69	955	3.36	302	2.72
74	305	1.07	218	1.97
79	213	0.75	115	1.04
84 <sup>c/</sup>	304	1.07	444	4.00

$\sum x^2$  = Suma de los cuadrados del número de árboles en cada parcela de 1 Ha para cada clase de  $\phi$

$$m_x^2 = \frac{\sum x^2}{N}$$

N = 284 Ocote

N = 111 Pinabete

<sup>a/</sup> Ocote líneas E.F.G.L.N.O.P.Q.R.S.T.U.V.W.Z. y E.A.

<sup>b/</sup> Pinabete líneas E.G.J.L.M.R.T.U.V.X.Y.Z.

<sup>c/</sup> 81 cm y más.

Cuadro 3

Análisis estadístico del inventario forestal

Ocote: Repartición del número medio de árboles por Ha y clase de diámetro y errores relativos sobre ese número de árboles

284 parcelas de 1 Ha

Clases de $\phi$ en cm	$\sum x$	$\bar{m}_x$	$c$	$\sigma$ %	D	$\epsilon^2$	$C_r$	$\sum \epsilon^2 C_r$
14	2 362	8.317	10.06	120.9	12.2	0.0197	1.7	0.0335
19	2 275	8.016	8.81	109.9	9.7	0.0163	1.7	0.0277
24	2 117	7.454	7.60	101.9	7.7	0.0140	1.7	0.0238
29	1 955	6.884	6.40	93.0	5.9	0.0117	1.7	0.0199
34	2 051	7.222	5.84	80.8	4.7	0.0088	1.7	0.0150
39	1 859	6.546	5.48	83.7	4.6	0.0094	1.6	0.0150
44	1 661	5.849	4.72	80.7	3.8	0.0088	1.6	0.0141
49	1 379	4.855	3.48	71.7	2.5	0.0069	1.6	0.0110
54	1 050	3.697	3.18	86.0	2.7	0.0100	1.6	0.0160
59	674	2.379	2.38	100.3	2.4	0.0136	1.5	0.0204
64	495	1.743	2.00	114.6	2.3	0.0177	1.5	0.0265
69	313	1.102	1.47	133.0	1.9	0.0237	1.5	0.0355
74	166	0.584	0.86	146.8	1.3	0.0290	1.5	0.0435
79	102	0.359	0.79	219.4	1.7	0.0649	1.3	0.0844
84	143	0.503	0.90	179.6	1.6	0.0435	1.3	0.0565
	18 602	65.504						

$\sum x$  Total del número de árboles de la clase.  $m_x$  Media del número de árboles por Ha en la clase

$\sigma^2 = m_x^2 - (\bar{m}_x)^2$

$c$  = Coeficiente de variación  $c = \sigma / m_x$

D = Índice de agrupamiento en el interior de las parcelas  $D = \tau^2 / m_x$

$\epsilon^2$  = Cuadrado del error relativo no corregido =  $\frac{(1.386)^2 \times 2}{284} c^2 = 0.0135 c^2$

$C_r$  = Coeficiente de corrección de autocorrelación.

$\sum \epsilon^2 C_r$  = Cuadrado del error relativo corregido (sobre el número de árboles por Ha).



Cuadro 4

Análisis estadístico del inventario

Pinabete rojo: Repartición del número de árboles por Ha y por clase de diámetro y errores relativos sobre ese número de árboles

Clase de $\phi$ en cm	111 parcelas de 1 Ha							
	$\sum x$	$\bar{n}_x$	$\sigma$	$\frac{c}{\%}$	D	$\xi^2$	$C_r$	$\xi^2 C_r$
14	1 333	12.00	13.60	113.2	15.4	0.0445	1.7	0.0756
19	1 222	11.00	11.71	106.4	12.5	0.0391	1.7	0.0665
24	1 165	10.49	10.06	95.9	9.6	0.0318	1.7	0.0540
29	1 046	9.42	8.25	87.5	7.2	0.0265	1.7	0.0450
34	967	8.71	7.14	82.0	5.8	0.0232	1.7	0.0394
39	837	7.54	6.03	80.0	4.8	0.0221	1.6	0.0353
44	699	6.30	4.55	72.3	3.3	0.0181	1.6	0.0289
49	542	4.88	3.85	78.8	3.0	0.0215	1.6	0.0344
54	426	3.94	3.20	83.3	2.7	0.0240	1.6	0.0384
59	288	2.59	2.31	89.1	2.0	0.0275	1.5	0.0412
64	175	1.58	1.63	103.5	1.7	0.0370	1.5	0.0555
69	114	1.03	1.28	125.0	1.6	0.0540	1.5	0.0810
74	82	0.74	1.19	161.1	1.9	0.0898	1.5	0.1347
79	46	0.41	0.93	224.5	2.1	0.1744	1.3	0.2267
84	74	0.67	1.89	282.9	5.3	0.2769	1.3	0.3600
	<u>9 016</u>	<u>81.22</u>						

Nota:

Para la explicación de las anotaciones, ver cuadro precedente: Ocota

$$\xi^2 = \frac{2 (1,386)^2}{111} c^2 = 0.03461 c^2$$

Así se obtiene una serie de resultados  $V m^3$  para  $\phi = x$  m. La correlación no es lineal, pero se constata que, al hacer el doble cambio de variable:

$$Y = \log V \qquad X = \log \phi$$

Las cantidades X y Y están unidas por una correlación lineal. Por consiguiente, se ha estudiado por el método clásico la correlación entre X y Y al determinar <sup>10/</sup> las cantidades  $\sum X^2$ ,  $\sum Y^2$  y  $\sum XY$ .

Se deduce mediante las fórmulas clásica, (ver cuadros 5 y 6), los coeficientes de la recta de regresión  $Y = AX + B$ .

(Se considera que en esta fórmula X no es aleatoria, lo cual es legítimo porque los errores en X son errores de medición de diámetro, débiles frente a la dispersión natural de los volúmenes de los árboles que tengan un diámetro característico idéntico).

Volviendo a pasar de los logaritmos a las variables V y  $\phi$ , la fórmula que define la recta de regresión permite establecer entonces la tarifa de cubicación media, dando el volumen medio de un árbol de cada clase de diámetro.

En lo concerniente al error cometido en esta cubicación media, la teoría de la regresión lineal permite calcular el error absoluto de Y\* para cada valor de X (o, más exactamente, el intervalo de confianza).

A los dos límites del intervalo de Y corresponden 2 valores de V que son los límites del intervalo de confianza de V para el valor de  $\phi$  que corresponde a X.

<sup>10/</sup> Esto da lugar a cálculos dilatados y penosos, siendo dado que se opera sobre logaritmos y que es preciso conservar muchos decimales para evitar el introducir errores demasiado elevados en las diferencias de los momentos.

\* Ver especialmente Mothes, obra antes citada, páginas 4, 5, 7 y siguientes. La fórmula dada concierne al intervalo de confianza relativo al volumen de un árbol aislado de diámetro  $\phi$  que pertenece a la población considerada. Se encuentra la fórmula de los cuadros 7 y 8 al considerar que aquí se trata de determinar el intervalo de confianza del volumen medio de un árbol de esta clase, en el macizo.

Cuadro 5

Análisis estadístico del inventario

Ocote: Estudio de la tarifa de cubicación

Cálculo de la correlación entre los volúmenes y los diámetros  
(Correlación logarítmica)

Resultados:

Número de árboles tipo medidos 106  
X = log. diámetro en dm Y = log volumen en dm<sup>3</sup>

Resultados:

$$\begin{aligned} \sum X &= 55.53333 & \sum Y &= 309.50639 \\ \sum X^2 &= 33.76785162 & \sum Y^2 &= 933.7475799 \end{aligned}$$

$$\sum XY = 173.732809$$

$$m_x = \frac{55.53333}{106} = 0.52389933 \quad m_x^2 = 0.27447051$$

$$m_y = \frac{309.50639}{106} = 2.91987160 \quad m_y^2 = 8.52565016$$

$$m_{xy} = \frac{173.732809}{106} = 1.63898877 \quad m_x m_y = 1.52971877$$

$$m_x^2 = \frac{33.76785162}{106} = 0.31856464$$

$$m_y^2 = \frac{933.747580}{106} = 8.80993947$$

$$\delta X^2 = \sigma_x^2 = m_x^2 - \frac{m_{xy}^2}{m_y^2} = 0.04409413$$

$$\delta Y^2 = \sigma_y^2 = m_y^2 - \frac{m_{xy}^2}{m_x^2} = 0.28328931$$

$$\delta(XY) = \text{Covariación} = m_{xy} - m_x m_y = 0.10927000$$

Cálculo de la tarifa de cubicación del ocote

La pendiente de la recta de regresión está dada por:

$$\beta_{y,x} = Z = \frac{\text{covariación}}{\sigma_x^2} = \frac{0.10927000}{0.04409413} = \boxed{2.47811}$$

la ecuación de esta recta es:

$$Y = a_0 + Z X \quad (1)$$

/con a<sub>0</sub>

Cuadro 5 (Conclusión)

con  $a_0 = m_y - Z m_x = 2.919871060 - 2.478710763 \times 20.52389933$

de donde  $a_0 = \boxed{1.62159267}$

de donde  $\log V = 1.62159267 + 2.47810763 \log \phi$

V en  $\text{dm}^3$  y  $\phi$  en dm

para tener la ecuación con V en  $\text{m}^3$  y  $\phi$  en metros se escribirá:

$$\log V = \log A + Z \log \phi$$

y  $\log A = a_0 + Z - 3$

de donde  $\log A = 1.62159267 + 2.47810763 = \log A - 3 = \boxed{1.099700}$

de donde  $A = 12.58$

Tarifa de cubicación del Ocote

$$\boxed{V = 12.58 \phi^{2.48}}$$

V en  $\text{m}^3$  y  $\phi$  en metros

---

Cuadro 6

Análisis estadístico del inventario

Pinabete: Estudio de la tarifa de cubicación

Cálculo de la correlación entre los volúmenes y los diámetros

(Correlación logarítmica)

Número de árboles tipo medidos                      59  
 X = log diámetros en dm                              Y = log volumen en dm<sup>3</sup>

Resultados:

$$\begin{aligned} \sum X &= 31.285\ 86 & \sum Y &= 172.683\ 96 \\ \sum X^2 &= 19.311\ 141\ 36 & \sum Y^2 &= 524.616\ 704 \\ \sum XY &= 98.642\ 006\ 22 \end{aligned}$$

$$m_x = \frac{31.285\ 86}{59} = 0.530\ 268\ 8 \qquad \bar{m}_x^2 = 0.281\ 185\ 00$$

$$m_y = \frac{172.683\ 96}{59} = 2.925\ 846\ 8 \qquad \bar{m}_y^2 = 8.566\ 432\ 19$$

$$m_{xy} = \frac{98.642\ 006\ 22}{59} = 1.671\ 898\ 41 \qquad m_x m_y = 1.551\ 200\ 99$$

$$m_x^2 = \frac{19.311\ 141\ 36}{59} = 0.327\ 307\ 48$$

$$m_y^2 = \frac{524.616\ 704}{59} = 8.891\ 808\ 52$$

$$\delta X^2 = \sigma_x^2 = m_x^2 - \bar{m}_x^2 = 0.046\ 122\ 5$$

$$\delta Y^2 = \sigma_y^2 = m_y^2 - \bar{m}_y^2 = 0.325\ 376\ 35$$

$$\delta(XY) = \text{Covariación} = m_{xy} - m_x m_y = 0.120\ 697\ 42$$

/La pendiente

Cuadro 6 (conclusión)

Pinabete: Estudio de la tarifa de cubicación

---

La pendiente de la recta de regresión está dada por:

$$Z = \frac{\text{Covariación}}{\sigma_x^2} = \frac{0.120\ 697\ 42}{0.046\ 122\ 5} = \boxed{2.6169}$$

La ecuación de esta recta es:

$$= a_0 + Z X \quad (1)$$

con  $a_0 = m_y - Z m_x = 2.926\ 846\ 8 - 2.6169 \times 0.530\ 268\ 8$

de donde  $a_0 = \boxed{1.539\ 186\ 4}$

de donde  $\log V = 1.539\ 186\ 4 + 2.6169 \log \phi$

V en  $\text{dm}^3$  y  $\phi$  en  $\text{dm}$

Para tener la ecuación con V en  $\text{m}^3$  y  $\phi$  en metros se volverá a escribir:

$$V = \log A + Z \log \phi$$

y  $\log A = a_0 + Z - 3$

de donde  $\log A = 1.539\ 186\ 4 + 2.6169 - 3 = \boxed{1.156\ 08}$

de donde  $\boxed{A = 14.32}$

Tarifa de cubicación Pinabete  $\boxed{V = 14.3 \phi^{2.62}}$

V en  $\text{m}^3$  y  $\phi$  en metros

---

El hecho de volver a pasar de los logaritmos a las variables  $V$  y  $\phi$  evidentemente introduce una disimetría en el intervalo de confianza. Se la puede evitar tomando para el error sobre  $V$ , la cantidad  $\pm \Delta V/2$ ,  $\Delta V$  siendo la amplitud del intervalo.

Pero se obtiene una suficiente aproximación tomando para  $\Delta V/2$  la amplitud que corresponde a  $\Delta Y/2$ , y, en estas condiciones, se observa que el error absoluto sobre  $Y$  de directamente al error relativo sobre  $V$  a causa de la relación  $\Delta \log V = \Delta Y/V$ .

Los cuadros 7, 8, 10 y 11, dan los cálculos detallados para el Ocotite y el Pinabete.

Los cuadros 9 y 12, dan el resultado final: error relativo  $\%$  en cada clase de diámetro.

e) Combinación del error sobre el número de árboles por hectárea y del error sobre el volumen medio de un árbol de cada clase de diámetro

Como se ha subrayado anteriormente, el error sobre el número de árboles de cada clase de diámetro varía con la clase de diámetro y se encuentra que es mínimo en las clases de diámetro que proporcionan la más grande contribución al volumen total.

Asimismo resulta necesariamente, del cálculo de la tarifa de cubicación por medio de la correlación lineal que existe entre el  $\log V$  y el  $\log \phi$  en la submuestra formada por los árboles tipo, que el error relativo sobre el volumen medio de un árbol de una clase de diámetro determinada es mínimo para las clases medias de diámetro.

Por tanto, es correcto calcular el error total sobre el volumen por hectárea, separadamente, en cada clase de diámetro.

Si  $V(\phi)$  es el volumen medio de un árbol de la clase  $\phi$ , y  $N(\phi)$  el número medio por hectárea de árboles de esta clase, el volumen medio de la clase por hectárea, es:

$$V(\phi) N(\phi)$$

Se tiene entonces el fundamento necesario para admitir en primera aproximación que no hay correlación entre el volumen medio de árboles de la clase  $\phi$  y el número de árboles de esta clase. No es completamente exacto, porque, como se verá más tarde, hay una correlación entre los números de

Cuadro 7

Ocote: Coefficiente de correlación entre el log V y el log Ø

El coeficiente de correlación está dado por:

$$r = z \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

$$r = 2.478 \text{ ll } \sqrt{\frac{0.044 \ 094 \ 13}{0.283 \ 289 \ 31}} = 2.478 \text{ ll } \times \sqrt{0.155 \ 650 \ 52}$$

$$r = 0.978$$

La correlación es extremadamente elevada (1) lo que justifica la forma adoptada para la tarifa de cubicación.

Cálculo de la precisión de la tarifa de cubicación (Ocote)

Variación de Y a X constante (o variación residual en torno de la recta de regresión)

$$\sigma_{y.x}^2 = \sigma_y^2 - \frac{\bar{y}_0 V^2}{\sigma_x^2} = 0.283 \ 289 \ 31 - \frac{(0.109 \ 770)^2}{0.044 \ 094 \ 13}$$

$$\sigma_{y.n}^2 = 0.012 \ 506 \ 56$$

grados de libertad para 106 árboles: 106 - 2 = 104 variación residual corregida:

$$(\sigma_{y.n}^2)^x = 0.012 \ 506 \ 56 \times \frac{106}{104} = \boxed{0.012 \ 747}$$

Error cometido sobre la estimación del volumen medio de un gran número de árboles por medio de la tarifa de cubicación establecida con 106 árboles tipo.

$$\xi^2 = \frac{t_a^2 \sigma_{y.n}^2}{N} (1 + \delta_0^2) = \lambda^2 (1 + \delta_0^2)$$

= error absoluto sobre log volumen (volumen en dm<sup>3</sup>) t<sub>a</sub> = 1.96 para 95% probabilidades de no exceder: ± ξ

$$\delta_0^2 = \frac{(X_0 - m_x)^2}{\sigma_x^2}$$

X<sub>0</sub> = log dm diámetro utilizado para cálculo Y<sub>0</sub> por la fórmula (1) (Ocote)

$$\lambda^2 = \frac{t_a^2 \sigma_{y.n}^2}{N} = \frac{3.8416 \times 0.01274}{106} = 0.000 \ 461 \ 97$$

$$\lambda^2 = 4.6197 \cdot 10^{-4}$$



Cuadro 8

Ocote: Error debido a la tarifa de cubicación

$$\text{Cálculo de } \chi^2 \text{ y } \xi^2$$

$$\chi^2 = \frac{\sum (X_o - M_x)^2}{M_x^2 - \bar{M}_x^2} = \frac{\sum (X_o - M_x)^2}{\sum x^2}$$

Clase de $\phi$ en cm	$X_o = \log \phi$ $\phi$ en dm	$X_o - M_x$	$(X_o - M_x)^2$	$\chi^2$	$\xi^2 =$ 10 <sup>-3</sup>
14	0.146 128	- 0.377 771	0.142 711	3.236 508	1.957 139
19	0.278 754	- 0.245 145	0.060 096	1.362 902	1.091 590
24	0.380 211	- 0.143 688	0.020 646	0.468 225	0.678 276
29	0.462 398	- 0.061 501	0.003 782	0.085 771	0.501 594
34	0.531 479	+ 0.007 580	0.000 057	0.001 292	0.462 567
39	0.591 065	+ 0.067 766	0.004 511	0.102 304	0.509 231
44	0.643 453	0.119 554	0.014 293	0.324 147	0.611 716
49	0.640 196	0.166 297	0.027 655	0.627 181	0.751 709
54	0.732 394	0.208 495	0.043 470	0.985 845	0.917 401
59	0.770 852	0.246 953	0.060 986	1.383 086	1.100 914
64	0.806 180	0.282 281	0.079 682	1.807 088	1.296 790
69	0.838 849	0.314 950	0.099 193	2.249 574	1.501 206
74	0.869 232	0.345 333	0.119 255	2.704 555	1.711 393
79	0.897 627	0.373 728	0.139 673	3.167 610	1.925 311
84	0.924 390	0.400 380	0.160 420	3.638 126	2.142 675
89	0.949 390	0.425 491	0.181 042	4.105 807	2.358 730
94	0.973 128	0.449 229	0.201 807	4.576 732	2.576 283
99	0.995 635	0.471 736	0.222 672	5.049 924	2.794 883

(1)  $\xi^2$  para el intervalo de confianza 95% =  $\lambda^2 (1 + \chi_o^2)$   
 $\xi$  = error absoluto sobre log V ( V igual volumen en dm<sup>3</sup>)

N = 106 árboles  $M_x$  Ocote = 0.523 899  $\sum X^2$  Ocote = 0.044 094 1  
 $\lambda^2 = 10^{-3} 0.46197$

Cuadro 9

Ocote: Error debido a la tarifa de cubicación

Error relativo  $\mu_c$  sobre el volumen

Clase de $\phi$ en cm	$100\varepsilon^2$	$\pm\varepsilon$	$\frac{\pm\varepsilon}{\mu_c} \%$	$\mu_c^2$
14	0.1957	0.04424	10.8	0.01166
19	0.1092	0.03305	7.9	0.00624
24	0.0678	0.02605	6.2	0.00384
29	0.0502	0.02240	5.3	0.00281
34	0.0462	0.02150	5.1	0.00260
39	0.0509	0.02256	5.3	0.00281
44	0.0612	0.02474	5.9	0.00348
49	0.0752	0.02743	6.5	0.00422
54	0.0917	0.03028	7.2	0.00518
59	0.1101	0.03320	7.9	0.00624
64	0.1297	0.03602	8.6	0.00739
69	0.1501	0.03875	9.3	0.00865
74	0.1711	0.04137	10.0	0.01000
79	0.1925	0.04388	10.7	0.01145
84	0.2143	0.04630	11.1	0.01232

$\pm\varepsilon$  error absoluto (tasa de verosimilitud 95%) sobre el log del volumen

$$\mu_c \text{ error relativo sobre el volumen} = \frac{V_1 - V_0}{V_0} = \frac{V_1}{V_0} - 1$$

$$\log V_1 = \log V_0 + \varepsilon \frac{V_1}{V_0} = \text{antilog} \varepsilon \boxed{\mu_c (+) = (\text{antilog} \varepsilon) - 1}$$

Si se cuenta el error  $\varepsilon$  sobre el logaritmo simétricamente  $\mu_c (-)$  difiere ligeramente en valor absoluto de  $\mu_c (+)$ . El valor absoluto de  $\mu_c (-)$  es en efecto  $1 - \frac{V_2}{V_0} = \frac{(\text{antilog} \varepsilon) - 1}{\text{antilog} \varepsilon}$  por consiguiente el valor absoluto de  $\mu_c (-)$  es un poco más débil, pero el antilog  $\varepsilon$  está próximo a 1 y hay poca diferencia.

Cuadro 10

Pinabete: Coefficiente de correlación entre log V y log Ø

El coeficiente de correlación esta dado por:

$$r = z \frac{\sigma_x}{\sigma_y}$$

$$r = 2.6169 \sqrt{\frac{0.046\ 122\ 5}{0.325\ 376}} = 2.6169 \times 0.3765$$

$$\boxed{r = 0.985}$$

La correlación es extremadamente elevada <sup>a/</sup>, lo que justifica la forma adoptada por la tarifa de cubicación.

Cálculo de la precisión de la tarifa de cubicación

Variaciones desde Y a X constante (o variación residual en torno de la recta de regresión)

$$\sigma_{y \cdot x}^2 = \sigma_y^2 - (\beta_{y \cdot x})^2 \sigma_x^2 \quad \text{con } (\beta_{y \cdot x}) \cdot n = z$$

también se puede escribir

$$\sigma_{y \cdot x}^2 = \sigma_y^2 - \frac{Co V^2}{\sigma_x^2} = 0.325\ 376\ 4 - \frac{(0.120\ 697\ 4)^2}{0.046\ 122\ 5}$$

$$\sigma_{y \cdot x}^2 = 0.009\ 525$$

grados de libertad: 59 - 2 = 57, de donde, variación corregida

$$(\sigma_{y \cdot x}^2)^x = 0.089\ 525 \times \frac{59}{57} = \boxed{0.009\ 859}$$

Error cometido sobre la estimación del volumen medio de un gran número de árboles por medio de la tarifa de cubicación a partir de N = 59 árboles tipo:

$$\xi^2 = t_a^2 \frac{\sigma_{y \cdot x}^2}{N} (1 + \gamma_0^2) = \lambda^2 (1 + \gamma_0^2)$$

error absoluto sobre = log volumen = (volumen en dm<sup>3</sup>)

a = 1.96 para 95 de oportunidades de no sobrepasar

N = 59 árboles

$$\gamma_0^2 = \frac{(X_0 - \ln x)^2}{\sigma_x^2}$$

X<sub>0</sub> = log del diámetro utilizado para calcular Y<sub>0</sub> por la fórmula (1)

$$\lambda^2 = \frac{\sigma_{y \cdot x}^2}{59} = \frac{3.8416 \times 0.009859}{59} = \frac{0.037874}{59} = 0.00064193$$

$$\boxed{\lambda^2 = 6.4193\ 10}$$

a/ Se sabe que la correlación perfecta corresponde a = 1

Cuadro 11

Pinabete: Error debido a la tarifa de cubicación

$$\gamma_o^2 = \frac{\text{Cálculo de } \gamma_o^2 \text{ y } \epsilon^2}{\frac{(X_o - M_x)^2}{M_x^2} \frac{(X_o - M_x)^2}{\bar{M}_x^2}} = \frac{(X_o - M_x)^2}{\bar{\sigma}_x^2}$$

Clase de Ø en cm	X <sub>o</sub> = log Ø Ø en d m	X <sub>o</sub> - M <sub>x</sub>	(X <sub>o</sub> - M <sub>x</sub> ) <sup>2</sup>	γ <sub>o</sub> <sup>2</sup>	ε <sup>2</sup> = 10 <sup>-3</sup> (1)
14	0.146 128	- 0.384 141	0.147 564	3.199 392	2.695 716
19	0.278 754	- 0.251 515	0.063 260	1.371 564	1.522 378
24	0.380 211	- 0.150 058	0.022 517	0.488 200	0.955 320
29	0.462 398	- 0.067 871	0.004 606	0.099 864	0.706 036
34	0.531 479	+ 0.001 210	0.000 001	0.000 022	0.641 944
39	0.591 065	+ 0.060 796	0.003 696	0.080 134	0.693 370
44	0.643 453	0.113 184	0.012 811	0.277 760	0.820 232
49	0.640 196	0.159 927	0.025 577	0.554 545	0.997 909
54	0.732 394	0.202 125	0.040 854	0.885 772	1.210 534
59	0.770 852	0.240 583	0.057 880	1.254 919	1.447 500
64	0.806 180	0.275 911	0.076 127	1.650 539	1.701 461
69	0.838 849	0.308 580	0.095 222	2.064 545	1.967 223
74	0.869 232	0.338 963	0.114 896	2.491 105	2.241 045
79	0.897 627	0.367 358	0.134 952	2.925 947	2.520 183
84	0.924 279	0.394 010	0.155 244	3.365 906	2.802 782
89	0.949 390	0.419 121	0.175 662	3.808 596	3.086 782
94	0.973 128	0.447 859	0.196 124	4.252 241	3.371 571
99	0.995 635	0.465 366	0.216 565	4.695 430	3.656 067

(1) ε<sup>2</sup> para el intervalo de confianza 95% = λ<sup>2</sup> (1 + γ<sub>o</sub><sup>2</sup>)

ε = error absoluto sobre log V (igual volumen en dm<sup>3</sup>)

N = 59 árboles M<sub>x</sub> Pinabete = 0.53026 9      λ<sup>2</sup> = 10<sup>-3</sup> 0.64193

σ<sub>x</sub><sup>2</sup> Pinabete = 0.046 122 5

Cuadro 12

Pinabete: Error debido a la tarifa de cubicación

Error relativo  $\mu_c$  sobre el volumen

Clase de $\phi$ en cm	$100\epsilon^2$	$\pm \epsilon$	$\frac{\epsilon/\phi}{\pm \mu_c}$	$\mu_c^2$
14	0.2696	0.0520	12.8	0.0164
19	0.1522	0.0390	9.4	0.00884
24	0.0955	0.0310	7.4	0.00547
29	0.0706	0.0266	6.3	0.00397
34	0.0642	0.0252	6.0	0.00360
39	0.0693	0.0263	6.3	0.00397
44	0.0820	0.0286	6.8	0.00462
49	0.0997	0.0316	7.6	0.00578
54	0.1210	0.0348	8.3	0.00689
59	0.1447	0.0380	9.1	0.00828
64	0.1701	0.0412	10.0	0.01000
69	0.1967	0.0444	10.8	0.01166
74	0.2241	0.0474	11.6	0.01345
79	0.2520	0.0504	12.3	0.01513
84	0.2802	0.0530	13.0	0.01690
89	0.3086	0.0557	13.7	0.01877

$\pm \epsilon$  Error absoluto (base de verosimilitud 95%) sobre el log del volumen

$$\mu_c \text{ error relativo sobre el volumen} = \frac{V_1 - V_0}{V_0} = \frac{V_1}{V_0} - 1$$

$$\log V_1 = \log V_0 + \epsilon \quad V_1/V_0 = \text{antilog} \epsilon / \mu_c (+) = \text{antilog} \epsilon - 1$$

Si se toma en cuenta el error  $\epsilon$  sobre el logaritmo simétricamente  $\mu_c (-)$  difiere ligeramente en valor absoluto de  $\mu_c (+)$ . El valor absoluto de  $\mu_c (-)$  es en efecto  $1 - \frac{V_2}{V_0} = \frac{(\text{antilog} \epsilon) - 1}{\text{antilog} \epsilon}$  por con-

siguiente el valor absoluto de  $\mu_c (-)$  es un poco más débil, pero el antilog  $\epsilon$  está próximo de 1 y hay poca diferencia.

árboles de las diferentes clases de diámetro y, por otra parte, la densidad forestal total puede influir sobre el coeficiente de formas de los árboles, teniendo estos últimos una tendencia mayor a desarrollarse en altura en los poblamientos densos. Pero no se dispone de informaciones suficientes en el inventario para estudiar este fenómeno que no es, a lo más, sino una de las causas de la dispersión de los resultados constatados en el momento de medir los volúmenes de los árboles tipo de una misma clase. Muchas de las causas de dispersión tienen un carácter individual y, por consiguiente, aleatorio, lo que justifica admitir en primera aproximación la ausencia de correlación entre  $N$  ( $\phi$ ) y  $V$  ( $\phi$ ).

En esas condiciones el error relativo sobre el producto  $NV$  en cada clase de diámetro puede ser tomado igual a la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados del error sobre  $V$  y del error sobre  $N$ .

Así se obtiene para cada clase el error total sobre  $NV$  (cuadro 13).

Luego queda por obtener el error de inventario sobre el volumen total medio por hectárea para el conjunto de todas las clases de diámetro,

Si los números de árboles en cada clase de diámetro fueran absolutamente independientes los unos de los otros, se podría tomar como error relativo total la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores relativos ponderados. Pero la hipótesis de la independencia de los números de árboles de cada clase de diámetro es manifiestamente falsa, porque existe una ley de distribución de los diámetros.

Si fuera esta ley rigurosamente la misma en todas las parcelas del bosque, habría correlación completa entre los números de árboles de diferentes clases y, por consiguiente, el error absoluto sobre el volumen medio sería la suma de los errores absolutos cometidos sobre el volumen medio de cada clase.

Como la correlación no es perfecta, el error real es inferior a la suma de los errores absolutos que constituyen entonces un límite superior de este error (para la tasa de significación escogida).

Es por lo que se ha efectuado para el Ocote y el Pinabete rojo el cálculo, dando el error absoluto sobre el volumen medio por hectárea al efectuar la suma de los errores absolutos (cuadro 14). Esta manera de

Cuadro 13

Análisis estadístico del inventario forestal

Combinación de los errores relativos sobre el número de árboles por hectárea y sobre el volumen medio de un árbol para cada clase de diámetro

Clase de $\phi$ en cm	Ocote				Pinabete rojo			
	$\mu^2_c$	$\xi^2_1$	$\mu^2(\phi)$	$\mu^2(\phi)\%$	$\mu^2_c$	$\xi^2_1$	$\mu^2(\phi)$	$\mu^2(\phi)\%$
14	0.0117	0.0335	0.0452	21.3	0.0164	0.0756	0.0920	30.3
19	0.0062	0.0277	0.0339	18.4	0.0088	0.0665	0.0753	27.4
24	0.0038	0.0238	0.0276	16.6	0.0055	0.0540	0.0595	24.4
29	0.0028	0.0199	0.0227	15.0	0.0040	0.0450	0.0490	22.2
34	0.0026	0.0150	0.0176	13.3	0.0036	0.0394	0.0430	20.8
39	0.0028	0.0150	0.0178	13.4	0.0040	0.0353	0.0393	19.8
44	0.0035	0.0141	0.0176	13.3	0.0046	0.0289	0.0335	18.3
49	0.0042	0.0110	0.0152	12.3	0.0058	0.0344	0.0402	20.0
54	0.0052	0.0160	0.0212	14.5	0.0069	0.0384	0.0453	21.3
59	0.0062	0.0204	0.0266	16.3	0.0100	0.0412	0.0512	22.6
64	0.0074	0.0265	0.0339	18.4	0.0117	0.0555	0.0672	25.9
69	0.0086	0.0355	0.0441	21.0	0.0134	0.0810	0.0944	30.7
74	0.0100	0.0435	0.0535	23.2	0.0151	0.1347	0.1498	38.7
79	0.0114	0.0844	0.0958	31.0	0.0169	0.2267	0.2436	49.3
84	0.0123	0.0565	0.0688	26.2	0.0188	0.3600	0.3788	61.5

$\mu^2_c$  cuadrado del error relativo de cubicación (cuadro 12)

$\xi^2_1$  cuadrado del error relativo corregido sobre el número de árboles por hectárea (cuadro 4)

$\mu^2(\phi)$  cuadrado del error relativo sobre el volumen por hectárea en la clase de diámetro  $\phi$ .

$$\mu^2(\phi) = \mu^2_c + \xi^2_1$$

$\mu(\phi)$  error relativo sobre el volumen por hectárea en la clase de diámetro  $(\phi)$ .

Cuadro 14

Análisis estadístico del inventario forestal

Cálculo del error sobre el volumen medio total por hectárea (error que hay 95/100 oportunidades de no sobrepasar)

Clase de $\phi$ en cm	Ocote			Pinabete rojo		
	$\mu(\phi)$ %	V m <sup>3</sup> /Ha	Errores absolutos m <sup>3</sup> /Ha	$\mu(\phi)$ %	V m <sup>3</sup> /Ha	Errores absolutos m <sup>3</sup> /Ha
14	21.3	0.798	0.170	30.3	1.00	0.303
19	18.4	1.642	0.302	27.4	2.04	0.559
24	16.6	2.728	0.453	24.4	3.59	0.876
29	15.0	4.027	0.604	22.2	5.29	1.174
34	13.3	6.268	0.834	20.8	7.42	1.543
39	13.4	7.986	1.070	19.8	9.19	1.819
44	13.3	9.621	1.279	18.3	10.52	1.925
49	12.3	10.430	1.283	20.0	10.82	2.164
54	14.5	10.104	1.465	21.3	10.96	2.334
59	16.3	8.076	1.316	22.6	9.34	2.111
64	18.4	7.256	1.335	25.9	7.02	1.818
69	21.0	5.528	1.161	30.7	5.57	1.710
74	23.2	3.486	0.875	38.7	4.81	1.861
79	31.0	2.519	0.780	49.3	3.20	1.577
84	26.2	4.112	1.077	61.5	6.05	3.721
		<u>84.581</u>	<u>14.004</u>		<u>96.82</u>	<u>25.495</u>

Error relativo sobre el volumen total por hectárea

$$14.004 / 84.581 = \boxed{16.5\%} \quad 25.495 / 96.82 = \boxed{26.3\%}$$

$\mu(\phi)$  error relativo total sobre el volumen medio por hectárea en cada clase de  $\phi$ .

V volumen medio por hectárea en cada clase de diámetro.

/proceder



proceder debe dar una cifra demasiado pesimista, incluso teniendo en cuenta la estimación demasiado optimista del error del producto NV de cada clase de diámetro, que resulta de la hipótesis de no correlación entre V y N al interior de una misma clase.

Teniendo el error absoluto, es fácil, a continuación, volver a tocar el error relativo.

c) Combinación de los errores relativos sobre el volumen y sobre la superficie para obtener el error cometido sobre el volumen total del conunto de los árboles

Como se ha dicho no hay correlación entre los errores sobre la superficie y los errores del inventario.

Por otra parte, como las zonas de Ocote y de Pinabete rojo son distintas, las medidas de cada zona son independientes; se puede por consiguiente tomar por error la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados de los errores absolutos (o de los errores relativos ponderados).

De ello se deriva el error resultante sobre el volumen total (véanse los cuadros 13 y 14). En el cuadro 15, en recapitulación o resumen de los resultados, igualmente se han hecho aparecer los errores sobre el número total de árboles calculado como se ha dicho precedentemente --esto a título de indicación.

Cuadro 15

análisis estadístico del inventario forestal  
Error sobre el volumen total del macizo forestal

Ocote

Superficie 175 000 hectáreas

Volumen medio por hectárea 84.57 m<sup>3</sup>

Volumen total:

$$175\ 000 \times 84.57 = 14\ 800\ 000$$

Error relativo sobre el volumen medio por hectárea: 16.5% (cuadro)

Error relativo sobre la superficie 15%

Error relativo sobre el volumen total

$$\sqrt{0.165^2 + 0.150^2} = 0.223, \text{ o sea, } \underline{22.3\%}$$

Error absoluto total  $0.223 \times 14\ 800\ 000 = \pm 3\ 300\ 000\ \text{m}^3$

Coeficiente de error absoluto =  $10.89 \times 10^{-12}$

Pinabete rojo

Superficie 92 000 hectáreas

Volumen medio por hectárea 96.82 m<sup>3</sup>

Volumen total:

$$92\ 000 \times 96.82 = 8\ 907\ 000\ \text{m}^3$$

Error relativo sobre el volumen medio por hectárea: 26.3%

Error relativo sobre la superficie: 15%

Error relativo sobre el volumen total

$$\sqrt{0.263^2 + 0.150^2} = 0.302, \text{ o sea, } \underline{30.2\%}$$

/Error absoluto

Cuadro 15 (continuación)

Análisis estadístico del inventario forestal  
 Error sobre el volumen total del macizo forestal

Error absoluto total

$$0,302 \times 8\,907\,000 = 2\,690\,000 \text{ m}^3$$

$$\text{Cuadrado del error absoluto} = 7,24 \cdot 10^{12}$$

Ocote + Pinabete rojo

$$\text{Cuadrado del error absoluto Ocote} \quad 10,89 \cdot 10^{12}$$

$$\text{Cuadrado del error absoluto Pinabete} \quad \underline{7,24 \cdot 10^{12}}$$

$$\text{Suma de los cuadrados:} \quad 18,13 \cdot 10^{12}$$

Error absoluto resultante:

$$\sqrt[10^6]{18,13} = \pm 4\,260\,000 \text{ m}^3$$

Volumen total Ocote	14 800 000
Pinabete	8 907 000
	23 707 000 m <sup>3</sup>

Error relativo sobre el volumen total del conjunto de las dos zonas:

$$4\,260\,000 / 23\,707\,000 = 0,1796$$

$$\text{o sea } \underline{18\%}$$

Esto supone que los errores efectuados sobre la medida de la superficie de la zona de Ocote y de la zona de Pinabete rojo son independientes.

Si se supone que la superficie total se midió, repartiéndose luego en dos zonas, estos dos errores están ligados. Si se calcula entonces el error sobre el volumen medio por hectárea del conjunto Ocote + Pinabete rojo, se encuentra:

/Error absoluto

Cuadro 15 (conclusión)

Análisis estadístico del inventario forestal  
Error sobre el volumen total del macizo forestal

---

Error absoluto 14 800 000 x 16.5 = 2 442 000 cuadrados	5,963 . 10 <sup>12</sup>
8 907 000 x 26.3 = 2 342 000	5,485 10 <sup>12</sup>
	<u>11,458 10<sup>12</sup></u>

Error absoluto total sobre el volumen:

$$10^6 \sqrt{11.458} = 3\,380\,000 \text{ m}^3, \text{ o sea, } 3\,380\,000 / 23\,707\,000 \\ = 14.25 \%$$

y error total con error de superficie  $\sqrt{6.142^2 + 0.15^2} = \underline{20.7\%}$

En consecuencia, se puede admitir una cifra comprendida entre estos dos valores.

Sea:

$$\underline{19\%}$$

## Capítulo II

### Estudio de algunas características del bosque

#### 1. Tarifa de cubicación

El estudio de los errores tiene, como se acaba de ver, necesidad del establecimiento de las tablas de cubicación media para el Ocote y el Pinabete rojo, que son, respectivamente:

$$\text{Ocote} \quad V = 12.58 \phi^{2.48}$$

$$\text{Pinabete rojo} \quad V = 14.3 \phi^{2.62}$$

$V^3$  en  $m^3$  y  $\phi$  en metros.

El volumen tomado en consideración es el volumen útil del tronco sin corteza (a partir de 50 cm del suelo aproximadamente hasta la altura donde el diámetro sin corteza tiene 10 cm).

El diámetro  $\phi$  es el diámetro de inventario (diámetro con corteza a 1.30 cm del suelo aproximadamente).

Estas tablas no hacen intervenir al coeficiente de forma, que necesitaría el estudio de la relación entre los diámetros y las alturas. Pero la forma de los árboles tipo se estudió y, el resultado medio sin diferencia sensible para los dos tipos de árboles, aparece en el capítulo "explotación forestal" del informe principal.

Se encontrarán inmediatamente las tablas de cubicación (cuadro 16 y 17) y los gráficos I y II) establecidos en coordenadas bilogarítmicas para los dos tipos de árboles y un gráfico (III) que da la comparación, en coordenadas cartesianas, de tarifas de cubicación de estos dos tipos de árboles.

Como se puede ahí juzgar, conforme a los cuadros 9 y 12, que dan los errores, la diferencia entre las dos curvas no es significativa.

#### 2. Distribución de los árboles por categoría de diámetro

El estudio de los errores da, igualmente, la repartición de los árboles por categoría de diámetro. Esta repartición es expresada en coordenadas semilogarítmicas sobre los gráficos IV y V, que se anexan.

Cuadro 16

Ocote: Tarifa de cubicación (La Unión)

La aplicación de la fórmula precedente:

$$\text{Log } V = 1.621\ 592 + 2.478\ 107 \text{ log } \emptyset$$

da el cuadro siguiente que determina el volumen en función del diámetro

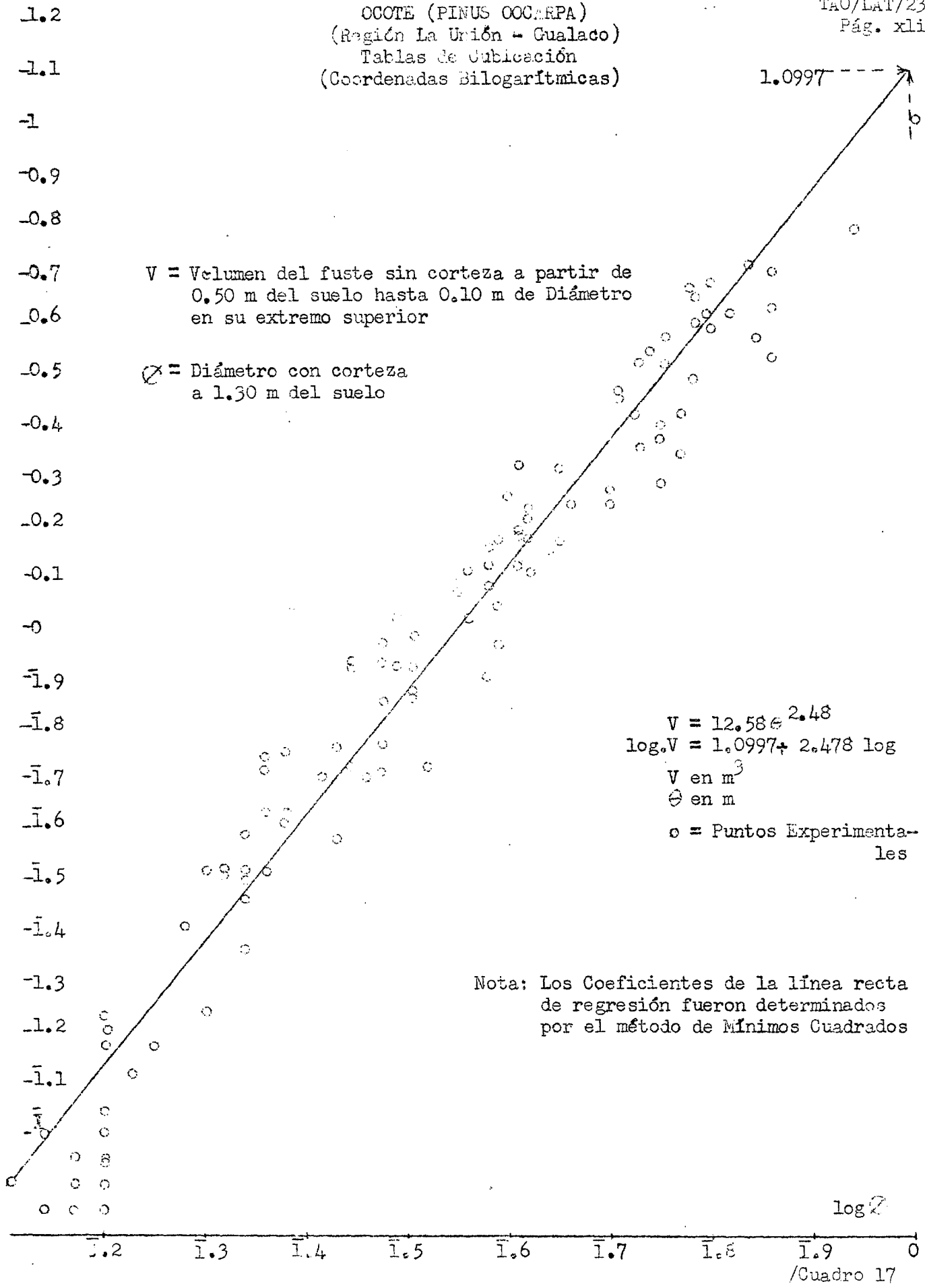
Clase de $\emptyset$ en cm	(1) $X_o = \text{log } \emptyset$	$2.6169 \text{ log } \emptyset$	(2) $Y_o = \text{log } V$	(3) $V_o$ en $\text{m}^3$
14	0.146 128	0.362 121	1.983 713	0.096
19	0.278 754	0.690 782	2.312 374	0.205
24	0.380 211	0.942 203	2.563 795	0.366
29	0.462 398	1.145 871	2.767 463	0.585
34	0.531 479	1.317 061	2.938 653	0.868
39	0.591 065	1.464 722	3.086 314	1.221
44	0.643 453	1.594 545	3.216 137	1.645
49	0.690 196	1.710 379	3.331 971	2.148
54	0.732 394	1.814 950	3.436 542	2.732
59	0.770 852	1.910 253	3.531 845	3.403
64	0.806 180	1.997 800	3.619 392	4.163
69	0.838 849	2.078 757	3.700 349	5.016
74	0.869 232	2.154 049	3.775 641	5.965
79	0.897 627	2.224 415	2.846 007	7.014
84	0.924 279	2.290 462	3.912 054	8.167
89	0.949 390	2.352 690	3.974 282	9.425
94	0.973 128	2.411 515	4.033 107	10.790
99	0.995 635	2.467 290	4.088 882	12.275

(1)  $\emptyset$  expresado en dm

(2) V expresado en  $\text{dm}^3$

(3) V expresado en  $\text{m}^3$

OCOTE (PINUS OCCARPA)  
 (Región La Unión - Gualaco)  
 Tablas de Ubicación  
 (Coordenadas Bilogarítmicas)



Cuadro 17

Pinabete: Tarifa de cubicación

La aplicación de la fórmula precedente:

$$\text{Log } V = 1.539\ 186 + 2.6169 \text{ log } \phi$$

da el cuadro siguiente que determina el volumen en función del diámetro

Clase de $\phi$ en cm	(1) $X_o = \text{log } \phi$	$2.6169 \text{ log } \phi$	(2) $Y_o = \text{log } V$	(3) $V_o$ en $\text{m}^3$
14	0.146 128	0.382 402	1.921 588	0.0835
19	0.278 754	0.729 471	2.268 657	0.1856
24	0.380 211	0.994 974	2.534 160	0.3421
29	0.462 398	1.210 049	2.749 235	0.5614
34	0.531 479	1.390 827	2.930 013	0.8514
39	0.591 065	1.546 758	3.085 944	1.219
44	0.643 453	1.683 852	3.223 038	1.671
49	0.690 196	1.806 174	3.345 360	2.215
54	0.732 394	1.916 602	3.455 788	2.856
59	0.770 852	2.017 242	3.556 428	3.601
64	0.806 180	2.109 692	3.648 878	4.455
69	0.838 849	2.195 184	3.734 370	5.424
74	0.869 232	2.274 693	3.813 879	6.514
79	0.897 627	2.349 000	3.888 186	7.730
84	0.924 279	2.418 746	3.957 932	9.077
89	0.949 390	2.484 459	4.023 645	10.561

(1)  $\phi$  expresado en dm

(2) V expresado en  $\text{dm}^3$

(3) V expresado en  $\text{m}^3$



Gráfico II

FAO/CAIS/59/1

TAO/LAT/23

Pág. xliiii

1.156

- 1.2 log.V

- 1.1

- 1.00

- 0.9

- 0.8

- 0.7

- 0.6

- 0.5

- 0.4

- 0.3

- 0.2

- 0.1

0

- 1.9

- 1.8

- 1.7

- 1.6

- 1.5

- 1.4

- 1.3

- 1.2

- 1.1

- 1.0

MINABETE ROJO  
(Región La Unión - Gualaco)  
Tabla de Cubicación  
(Coordenadas Bilogarítmicas)

V = Volumen del fuste sin corteza a partir  
de 0.5m del suelo hasta 0.10m de Diámetro  
en su extremo superior

Ø = Diámetro con corteza  
a 1.30 m del suelo

$$V = 14.3 \cdot \phi^{2.62}$$

$$\log V = 1.156 + 2.62 \log \phi$$

V en m<sup>3</sup>

Ø en m

o = Puntos Experimentales

Nota: Los Coeficientes de la línea recta  
de regresión fueron determinados  
por el método de mínimos cuadrados

log Ø

1.2

1.3

1.4

1.5

1.6

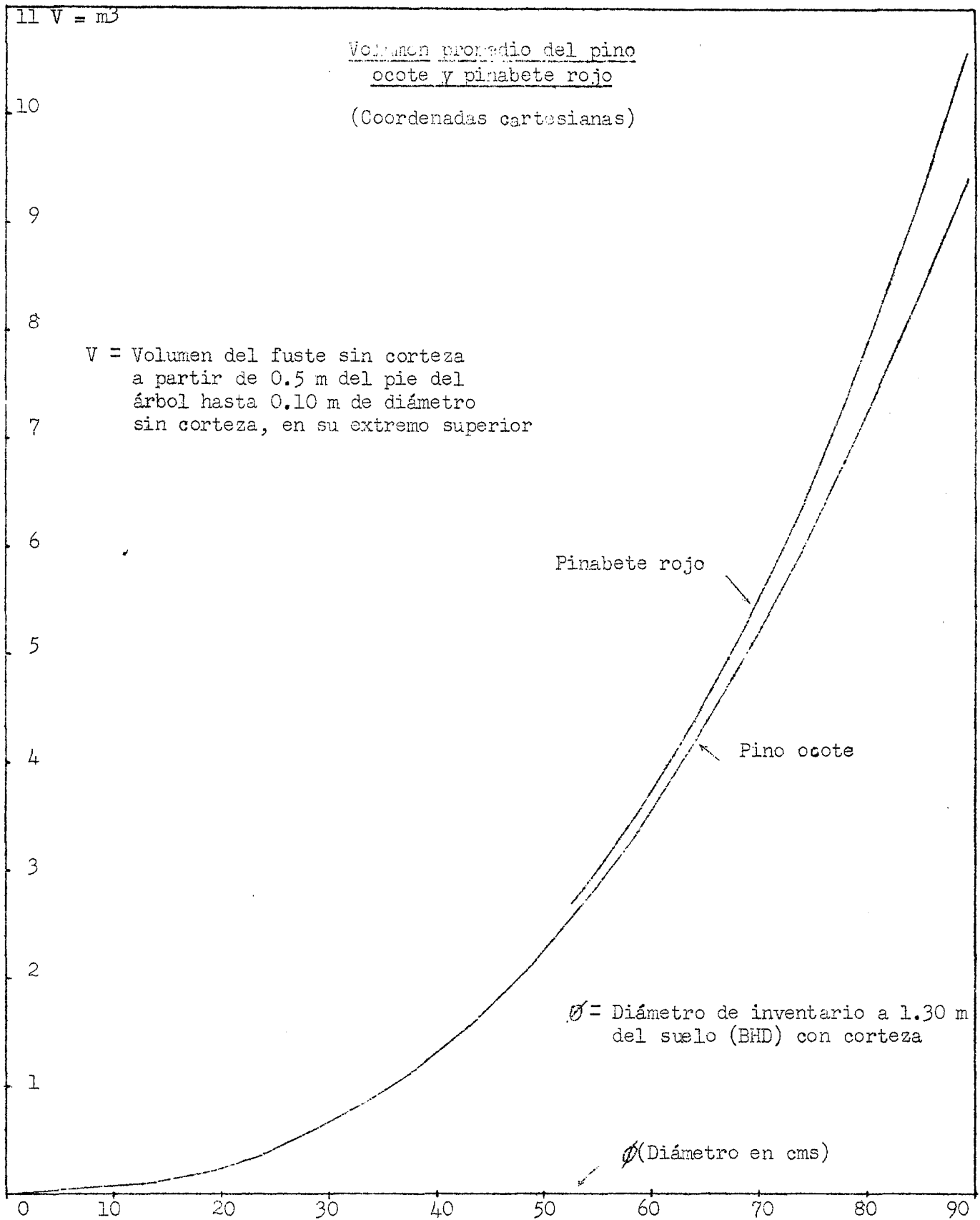
1.7

1.8

1.9

0

/Gráfico III



/Aparece en

aparece en ordenadas el logaritmo del número de árboles en la clase de diámetro de centro  $\phi$  y en las abscisas el diámetro  $\phi$ . La extensión de la clase es de 5 cm.

Sobre el gráfico, la línea recta representa la repartición exponencial, tangente a la repartición realmente encontrada.

Estas dos reparticiones difieren muy notablemente en la zona de los pequeños diámetros, por ser los árboles mucho menos abundantes que en el caso de una distribución exponencial.

Un estudio de la evolución teórica de los poblamientos forestales, en los cuales la edad de los árboles y el diámetro medio de inventario se suponen ligados por una relación determinada, conduce a la ecuación de derivados parciales siguientes.\*

$$\frac{\partial Y}{\partial \phi} g(\phi) + \frac{\partial Y}{\partial Z} + m(\phi, Z) Y = 0 \quad (a)$$

Ecuación en la cual:  $Z$  es la época en años

:  $Y$  es la función de distribución de los diámetros.

$Y \Delta \phi = \Delta N$  ( $\Delta N$  número por hectárea de los árboles cuyo diámetro está comprendido entre  $\phi$  y  $\phi + \Delta \phi$ )

$g(\phi)$  es la velocidad de crecimiento\*\* en diámetro en función del diámetro  $\phi$

$g = d\phi / dZ = d\phi / dt$   $t$  edad del árbol ( $dt = dZ$ )

$m(\phi, Z) = M + dg / d\phi$

con  $M$  coeficiente de mortandad, función del diámetro y de la época.

\* No se juzgó indispensable dar el detalle de los cálculos matemáticos que conducen a esta ecuación. El principio de estos cálculos es el siguiente: se tiene en el bosque en una cierta época  $Z$  años, y se escribe la variación del número de árboles de una clase de diámetro determinada de dos maneras diferentes. Al igualar las dos variaciones, se encuentra la ecuación. Esta ecuación general tiene una solución que depende de una función arbitraria, que se determina por el estado del bosque en una época dada.

Conociendo la distribución que corresponde al bosque en equilibrio (dada enseguida), una construcción gráfica simple permite encontrar la distribución en toda época.

Desgraciadamente no se conoce el coeficiente de mortandad natural que aparece en la ecuación.

\*\* Por hipótesis, el diámetro medio de cada clase no depende sino de la edad del árbol.

Cuando el poblamiento está en equilibrio, es decir cuando el número de árboles de cada clase de  $\phi$  es invariable cualesquiera que sea la época considerada, la solución de la ecuación (a) es:

$$Y = N_T \exp - \int_0^{\phi} \frac{m}{g} d\phi \quad (b)$$

donde  $\frac{m}{g}$  es una función del diámetro solo.

Si  $\frac{m}{g}$  fuera una constante se encontraría la repartición exponencial. Pero la cantidad  $m/g = M/g + (1/g) dg/d\phi$

No es forzosamente constante y su variación puede explicar en parte el descenso de la curva de repartición real a la exponencial que se produce hacia las clases de diámetro 40 a 60 cm para las clases más pequeñas hasta el límite inferior de inventario, la velocidad de crecimiento (g) varía bastante poco y, en consecuencia, si M fuera constante se debería encontrar una repartición exponencial, pero este no es el caso. Parece, por tanto, que el efecto de los incendios que aumentan anormalmente la mortandad de las clases de diámetros débil, entonces, es un factor predominante.

### 3. Estudio del crecimiento

El estudio del número y diámetro de los anillos anuales de los árboles tipo, efectuado por el señor Bloch, permite establecer la relación que existe entre la edad y el diámetro respectivamente para el Ocote y el Pinabete rojo. Para este estudio se ha procedido de dos maneras: En un primer examen se ha partido directamente de las medidas del volumen de los árboles tipo y de su edad establecida conforme al número de anillos, la media de los grupos de puntos ha permitido trazar una línea de regresión (véanse los gráficos VI y VII).

En un segundo examen se han tomado las medias de las medidas de los anillos de igual edad de los discos de base.<sup>11/</sup> Esto ha dado las curvas de los gráficos VIII y IX.

El acuerdo es muy satisfactorio para el conjunto de las medidas relativas al Pinabete rojo y para los diámetros hasta 70 para el Ocote. Más allá de 70 cm para el Ocote hay fuertes anomalías, probablemente debidas al tan reducido número de muestras. Estas anomalías no se manifiestan sino en el cálculo por el segundo método.

<sup>11/</sup> El  $\phi$  sin corteza del disco base es sensiblemente el  $\phi$  con corteza a 1.30 m del suelo.

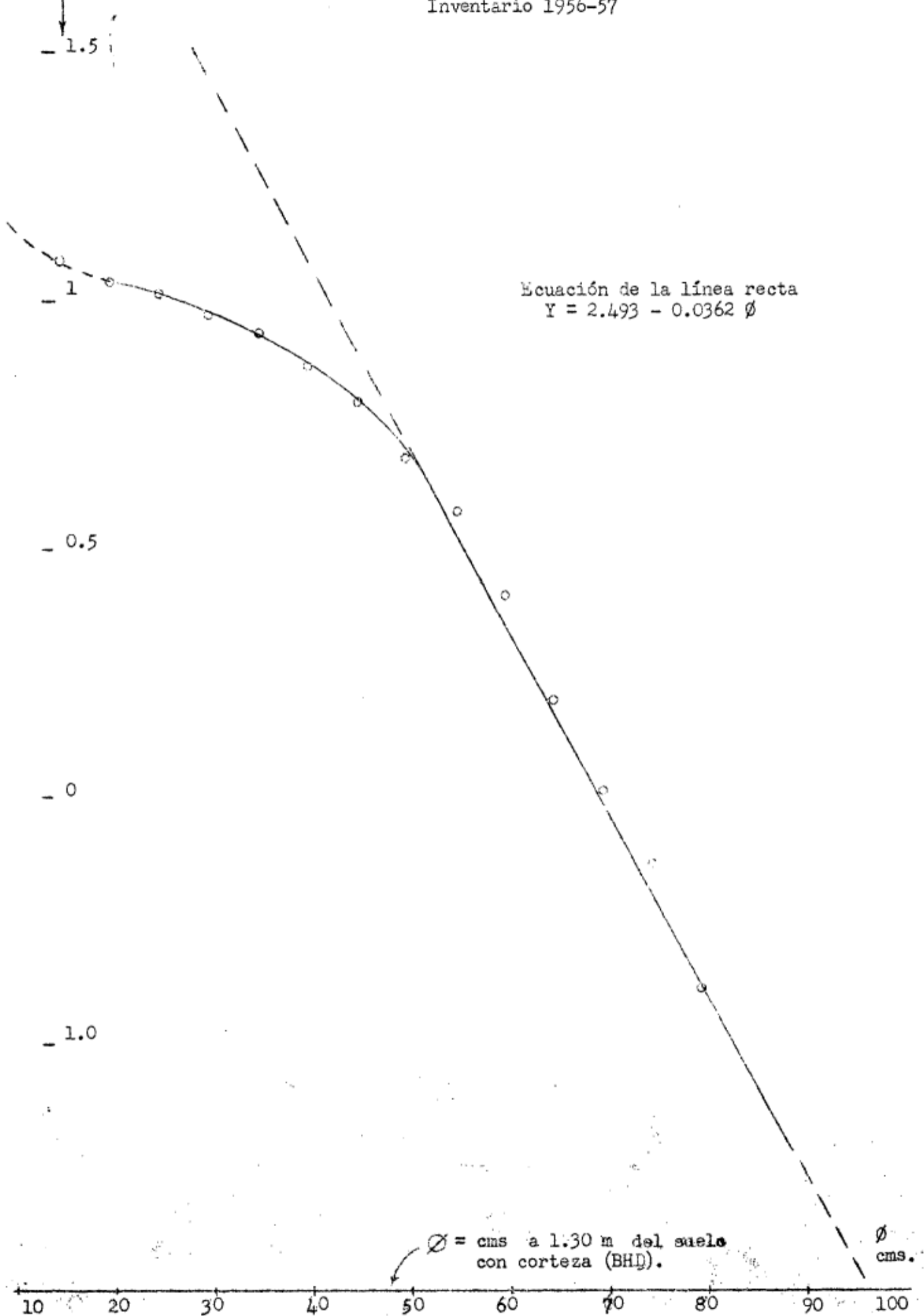
Gráfico V

Pinabete rojo: Distribución actual por hectárea de los árboles en función diamétrica

(Coordenadas semilogarítmicas)

Intervalo de clases diamétricas = 5 cms.  
Inventario 1956-57

log. de la cantidad de árboles por Ha



Si se va más lejos, los crecimientos pueden ser bien ajustados por las siguientes fórmulas que relacionan la edad al diámetro:

t en años  $\phi$  en cm

Ocote:

$$t = \frac{25}{0.80} \operatorname{sh} \frac{\phi - 20}{25} + 28 \quad (c)$$

Pinabete rojo:

$$t = 33 \operatorname{sh} \frac{\phi - 5}{33} + 7.75 \quad (c')$$

Las funciones inversas en arco seno hiperbólico dan evidentemente  $\phi$  en función de la edad y, su derivada, la velocidad de crecimiento  $d\phi / dt$ .<sup>12/</sup>

Entonces resulta fácil, mediante la fórmula de las tablas de cubicación, calcular el volumen en función de la edad y, el crecimiento, en volumen, en función de la edad.

Establecidos estos resultados, fácilmente se deduce el crecimiento medio por hectárea mediante curvas de repartición del número de árboles por hectárea en función del diámetro (cuadro 18).

Hay naturalmente un diámetro donde el crecimiento individual en volumen es máximo y, otro diámetro para el que el crecimiento por hectárea de la clase considerada es máximo.<sup>13/</sup>

Es sobre estos datos que el plan de corte, que aparece en el capítulo "plan de explotación forestal" del informe principal, pudo establecerse.

<sup>12/</sup> Naturalmente, estas fórmulas no son válidas sino en el intervalo de clase de diámetro 14 - 80. Su extrapolación hacia los muy gruesos o muy pequeños diámetros no debe ser utilizada. En particular, para los diámetros muy pequeños, eso sería desprovisto de significación, porque  $\phi$  es el diámetro a 1.30 del suelo.

<sup>13/</sup> Naturalmente, se trata del crecimiento bruto, excluida mortandad. Si el poblamiento se encuentra en equilibrio, el crecimiento neto forzosamente es nulo.

Cuadro 18

Ocote: (Pinus occarpa)

175 000 hectáreas o sea 65.54% de la superficie. Cuadro para el estudio del corte

Ø en cm	Clases de Ø en cm	Número de árboles			Volumen actual						Crecimiento bruto actual					
		(1)	(2)	(3)	m <sup>3</sup> /Ha			% del volumen total			m <sup>3</sup> /Ha/año			% del crecimiento total		
		(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
12-16	14	8.32	8.32	65.48	0.798	0.798	84.581	0.943	0.943	99.996	0.109	0.109	2.382	4.57	4.57	99.98
17-21	19	8.01	16.33	57.16	1.642	2.440	83.783	1.941	2.884	99.053	0.171	0.280	2.273	7.18	11.75	95.41
22-26	24	7.45	23.78	49.15	2.728	5.168	81.141	3.225	6.109	97.112	0.223	0.503	2.102	9.36	21.11	83.23
27-31	29	6.58	30.66	41.70	4.027	9.195	79.413	4.761	10.870	93.887	0.259	0.762	1.879	10.87	31.98	73.87
32-36	34	7.22	37.88	34.62	6.268	15.463	75.386	7.410	18.280	89.126	0.329	1.091	1.620	13.81	45.79	63.00
37-41	39	6.55	44.43	27.60	7.986	23.449	69.118	0.442	27.722	81.716	0.310	1.401	1.291	13.01	58.80	54.19
42-46	44	5.85	50.28	21.05	9.621	33.070	61.132	11.375	39.097	72.274	0.238	1.639	0.981	12.09	70.89	41.18
47-51	49	4.35	55.13	15.20	10.430	43.500	51.511	12.331	51.428	60.899	0.238	1.927	0.693	9.99	30.88	29.09
52-56	54	3.70	58.83	10.35	10.104	53.604	41.081	11.946	63.374	48.568	0.176	2.103	0.455	7.39	88.27	19.10
57-61	59	2.37	61.20	6.65	8.076	61.680	30.977	9.548	72.922	36.622	0.110	2.213	0.279	4.62	92.89	11.71
62-66	64	1.74	62.94	4.28	7.256	68.936	22.901	8.579	81.501	22.074	0.076	2.289	0.169	3.19	96.08	7.09
67-71	69	1.10	64.04	2.54	5.528	74.464	15.645	6.535	88.036	18.495	0.046	2.335	0.093	1.93	98.01	3.90
72-76	74	0.58	64.62	1.44	3.486	77.950	10.117	4.121	92.157	11.960	0.021	2.356	0.047	0.38	98.89	1.97
77-81	79	0.36	64.98	0.86	2.519	80.469	6.631	2.978	95.135	7.839	0.012	2.368	0.026	0.50	99.39	1.09
>81	84	0.50	65.48	0.50	4.112	84.581	4.112	4.861	99.996	4.861	0.014	2.382	0.014	0.59	99.98	0.59
		<u>65.48</u>			<u>84.581</u>						<u>2.382</u>			<u>99.98</u>		
<u>Totales</u>		<u>65.5</u>			<u>84.6</u> m <sup>3</sup> /Ha						<u>2.38</u> m <sup>3</sup> /Ha/año					

- (1) en cada clase de diámetro.  
 (2) acumulados a partir de los diámetros pequeños.  
 (3) acumulados a partir de los diámetros grandes.

Cuadro 19

Pinabete rojo

92 000 hectáreas, o sea 34.46% de la superficie. Cuadro para el estudio del corte

Ø en cm	Clases de Ø en cm	Número de árboles			Volumen actual						Crecimiento bruto actual					
		(1)	(2)	(3)	(1)	m <sup>3</sup> /Ha (2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	m <sup>3</sup> /Ha/año (2)	(3)	(1)	(2)	(3)
12-16	14	12.01	12.01	81.22	1.00	1.00	96.82	1.03	1.03	100.00	0.180	0.180	3.208	5.61	5.61	100.00
17-21	19	11.01	23.02	69.21	2.04	3.04	95.82	2.11	3.14	98.97	0.253	0.438	3.028	8.04	13.65	94.39
22-26	24	10.49	33.51	58.20	3.59	6.63	93.78	3.71	6.85	96.86	0.334	0.772	2.770	10.41	24.06	86.35
27-31	29	9.42	42.93	47.71	5.29	11.92	90.19	5.46	12.31	93.15	0.374	1.146	2.436	11.56	35.72	75.94
32-36	34	8.71	51.64	38.29	7.42	19.34	84.90	7.66	19.97	87.69	0.405	1.551	2.062	12.62	48.34	64.28
37-41	39	7.54	59.18	29.58	9.19	28.53	77.48	9.49	29.46	80.03	0.390	1.941	1.657	12.16	60.50	51.66
42-46	44	6.30	65.48	22.04	10.52	39.05	68.29	10.87	40.33	70.54	0.351	2.292	1.267	10.94	71.44	39.50
47-51	49	4.83	70.36	15.74	10.82	49.87	57.77	11.13	51.51	59.67	0.234	2.576	0.916	8.85	80.29	28.56
52-56	54	3.84	74.20	10.86	10.96	60.83	46.95	11.32	62.83	48.49	0.229	2.805	0.632	7.14	87.43	19.71
57-61	59	2.59	76.79	7.02	9.34	70.17	35.99	9.65	72.48	37.17	0.156	2.961	0.403	4.86	92.29	12.57
62-66	64	1.50	78.37	4.43	7.02	77.19	26.65	7.25	79.73	27.52	0.093	3.054	0.247	2.90	95.19	7.71
67-71	69	1.03	79.40	2.85	5.57	82.76	19.63	5.75	85.48	20.27	0.059	3.113	0.154	1.84	97.03	4.81
72-76	74	0.74	80.14	1.82	4.81	87.57	14.06	4.97	90.45	14.52	0.041	3.154	0.095	1.28	98.31	2.97
77-81	79	0.41	80.55	1.08	3.20	90.77	9.25	3.30	93.75	9.55	0.022	3.176	0.054	0.69	99.00	1.69
> 81	84	0.67	81.22	0.67	6.05	96.82	6.05	6.25	100.00	6.25	0.032	3.208	0.032	1.00	100.00	1.00
		<u>81.22</u>			<u>96.82</u>			<u>100.00</u>			<u>3.208</u>			<u>100.00</u>		
<b>Totales</b>		<u>81.22</u>			<u>96.82</u> m <sup>3</sup> /Ha						<u>3.21</u> m <sup>3</sup> /Ha/año					

- (1) En cada clase de diámetro.  
 (2) acumulados a partir de los diámetros pequeños.  
 (3) acumulados a partir de los diámetros grandes.

/Gráfico VI



∅ diámetro  
en cms

Gráfico VI  
Pinus occarpa (ocote, La Unión - Gualaco)

∅ diámetro con corteza de 1.30 cm del suelo  
en proporción a la edad (medidas directas)

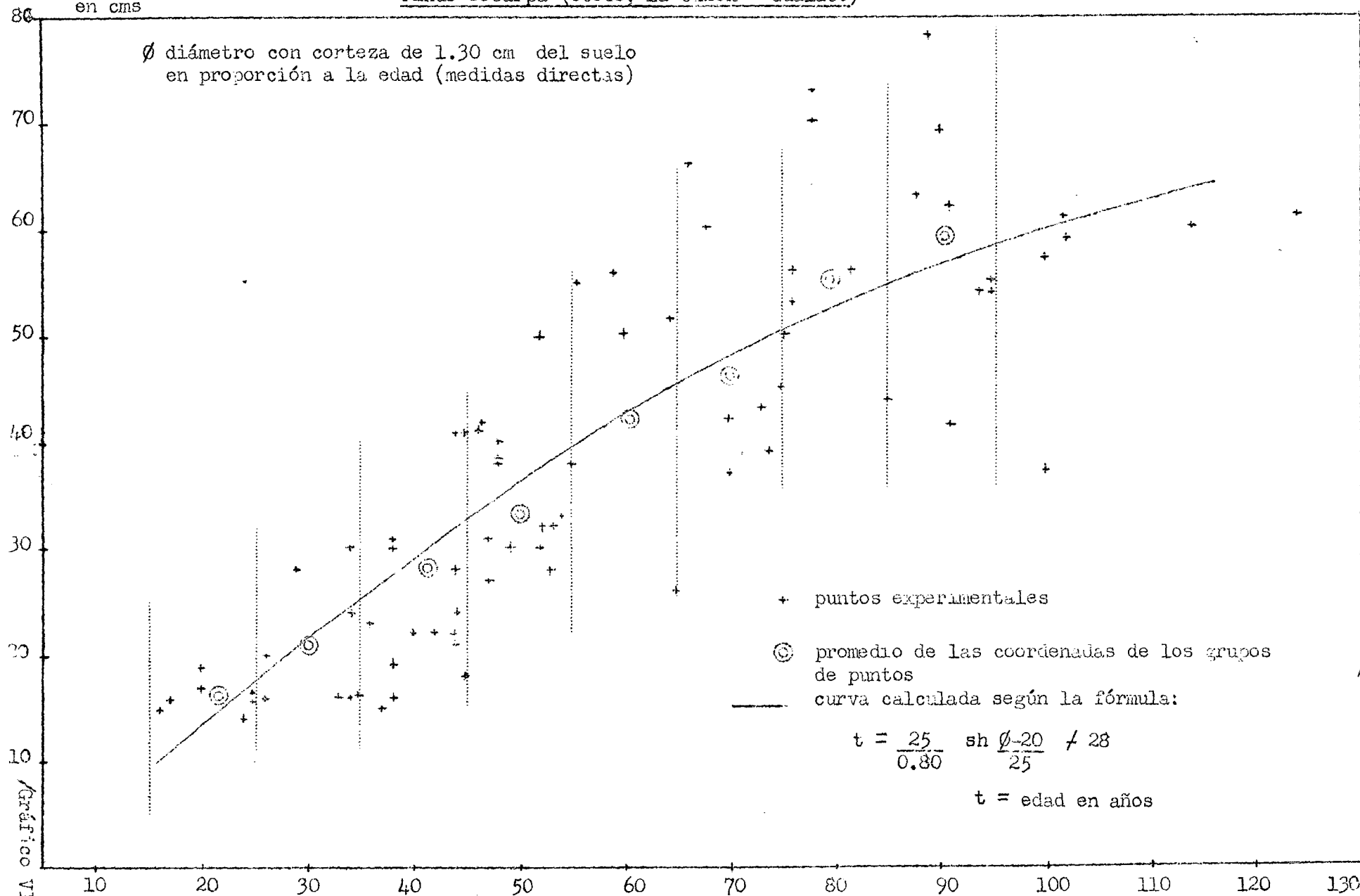


Gráfico VII

Pinabete rojo (La Unión - Gualaco)

Ø diámetro con corteza a 1.30 m del suelo en relación con la edad (medidas directas)

Ø diámetro en cms.

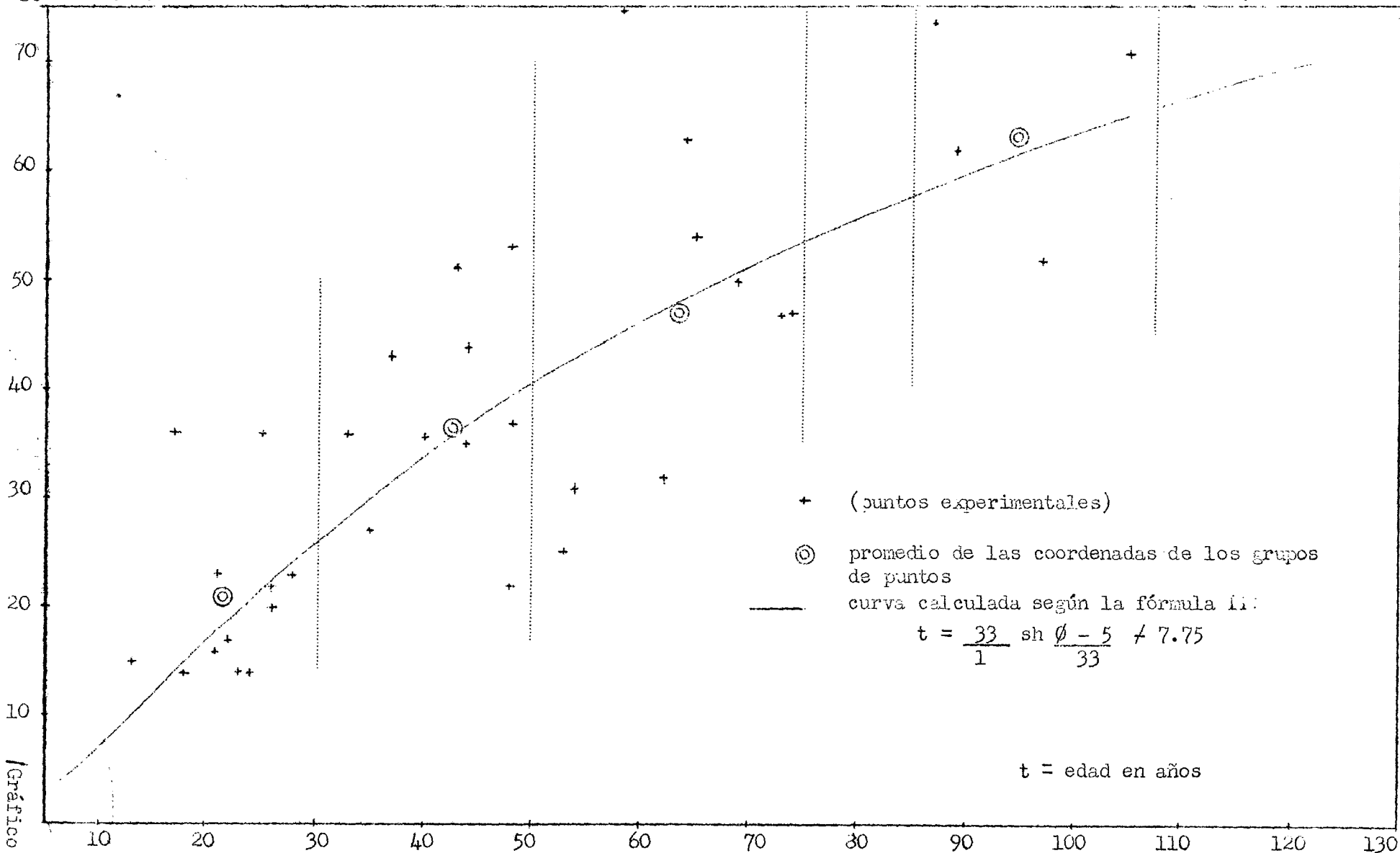


Gráfico VIII

Pinus occarpa (ocote, La Unión - Gualaco)

$\phi$  diámetro de los anillos anuales del disco de la base del árbol  
 ( $\phi$  = diámetro con corteza a 1.50 m del suelo) en proporción a la edad

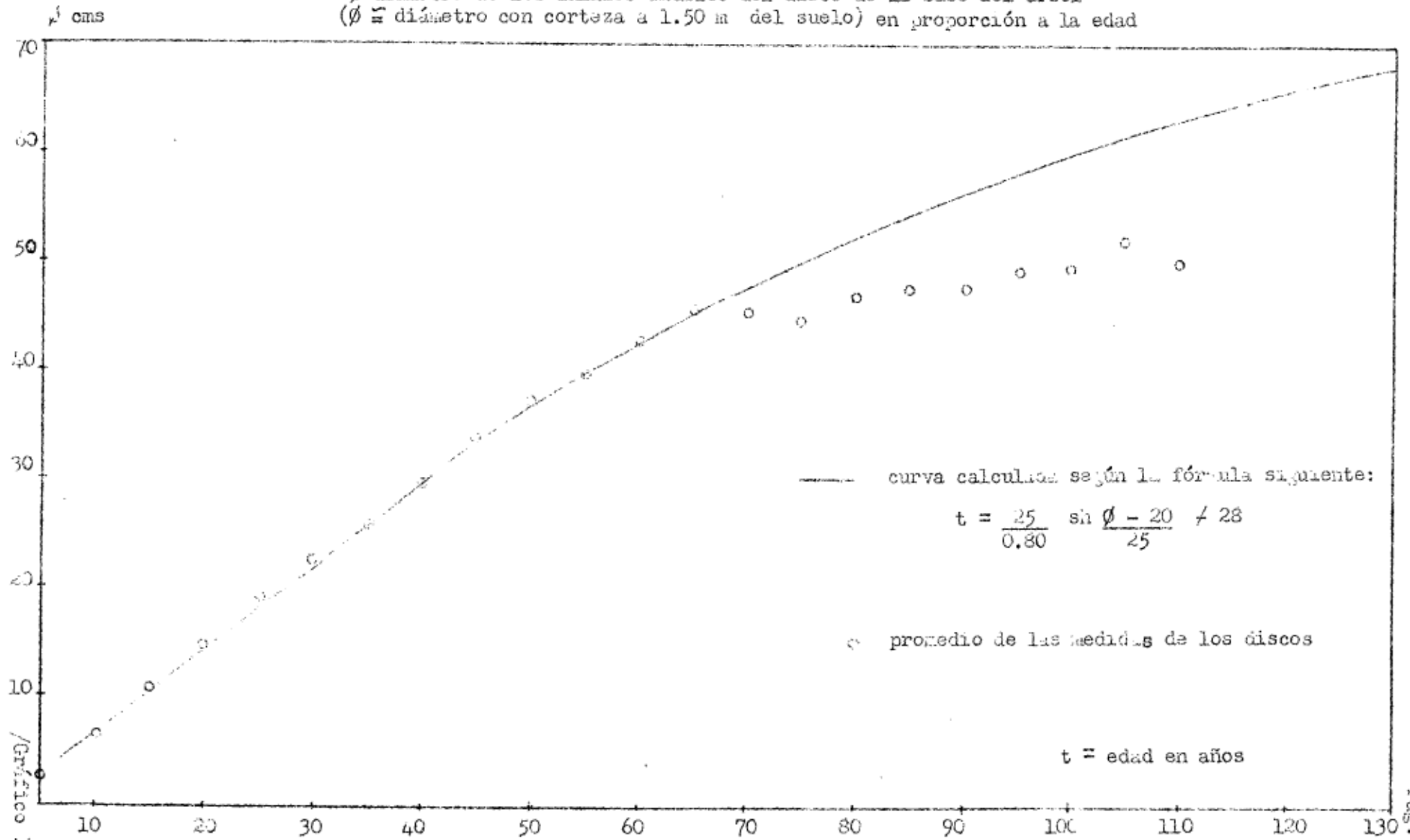
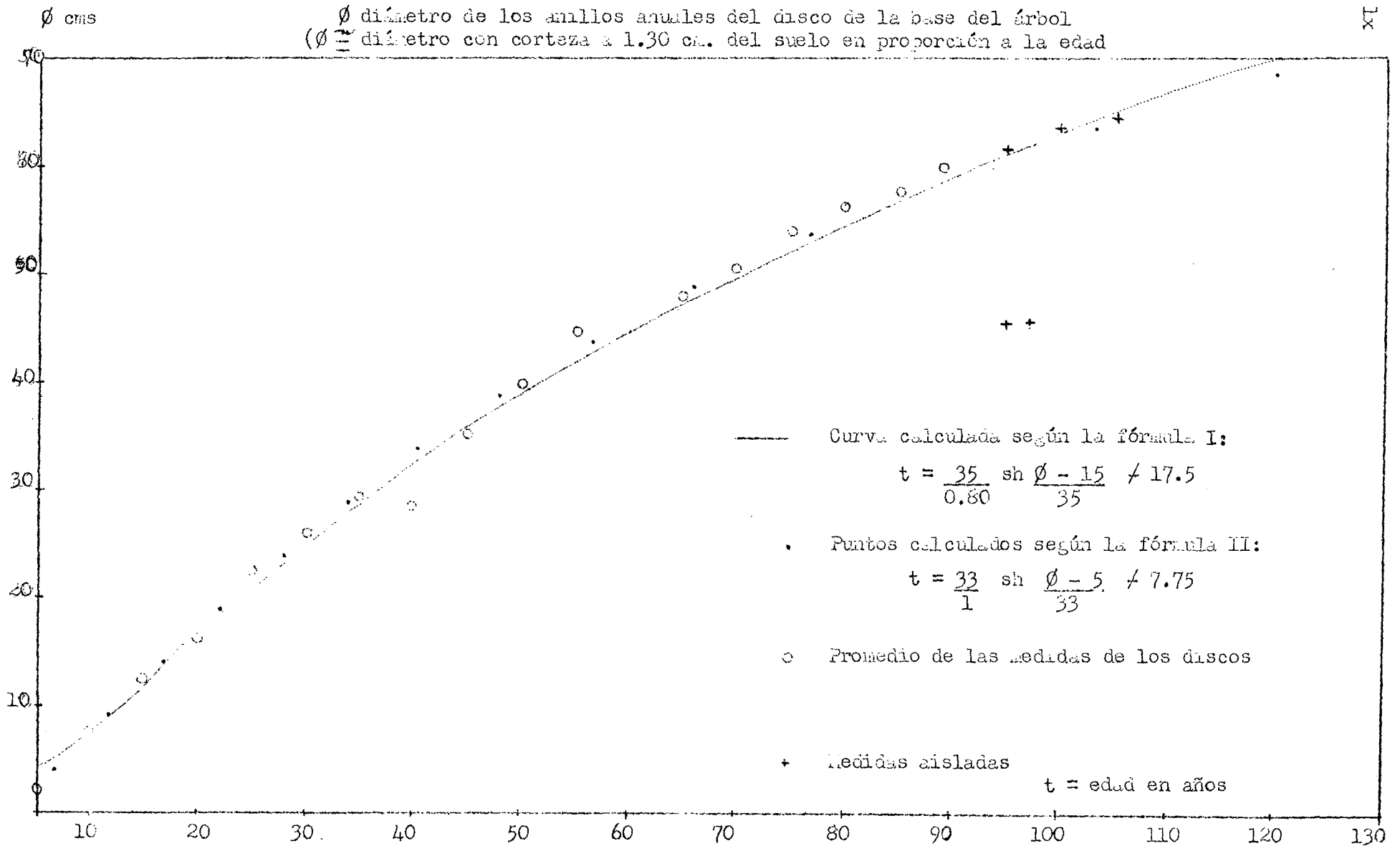


Gráfico IX

Gráfico IX

Pinabete rojo (La Unión-Gualaco)



Anexo III

ESTUDIO DE LAS FOTOGRAFÍAS AERIAS Y MAPA FORESTAL DE LA ZONA NORTE  
DEL MONTE PRINCIPAL

Después de llevar a cabo el inventario por vía terrestre, ha sido posible disponer de un juego de fotografías a la escala de 1:60 000 a 1:62 000 de la parte norte del monte principal, tomadas en 1954 por la fuerza aérea norteamericana.

Estas fotografías han sido analizadas en México por los ingenieros que hicieron el inventario fotográfico de Michoacán y entonces se pudo levantar un mapa forestal, que se anexa, de toda la zona del monte fotografiado.

De este estudio se deducen las conclusiones siguientes:

1. El mapa a la escala de 1:60 000 ha sido hecho según las fotografías a la escala aproximada de 1:62 000, tomadas en 1954 por la fuerza aérea norteamericana. Estas fotografías no son muy satisfactorias por su escala, por su calidad intrínseca y por no incluir toda la zona arbolada, sino solamente el 70 por ciento de la misma. De otra parte, el Servicio Geográfico de Honduras no ha podido localizar en las zonas los puntos de triangulación necesarios para levantar un mapa muy exacto.
2. Sin embargo, dentro de estas limitaciones, se ha podido efectuar un trabajo útil:
  - a) Se ha podido clasificar los bosques en tipos homogéneos según la clave indicada en el mapa. Fue posible distinguir con bastante exactitud las zonas de puros pinos, de puras hojosas y de pinos mezclados con hojosas, lo que bien utilizado puede dar indicaciones preliminares de gran valor para el establecimiento de los planes de la explotación forestal. Además, entre los pinos ha sido clasificado cada tipo de acuerdo con su densidad, es decir, con su riqueza relativa.
  - b) La superficie de cada tipo de bosque fotografiado, estudiado y caracterizado por su símbolo (por ejemplo, F H III) ha podido evaluarse de manera bastante exacta.
  - c) Los resultados de las mediciones pueden verse en el cuadro anexo.

/Los resultados

Los resultados obtenidos se resumen como sigue:

	<u>Población forestal</u>	<u>Hectáreas</u>
PI, PII, PIII	Puros pinos	70 262
PhI, PhII, PhIII	Pinos con un poco de hojasas	71 912
PHI, PHII, PHIII	Pinos con una gran pro porción de hojasas	25 747
HpI, HpII, HpIII	Hojosas con escasos pinos	6 772
	Total	174 693

Hay que deducir unas 17 000 hectáreas de pinos situadas detrás del límite del inventario terrestre. Quedan entonces 157 693 hectáreas de superficie de pinos común a los dos inventarios, o sea 158 000 en números redondos.

d) Comparación con las estimaciones de superficie deducidas del inventario terrestre.

Se ha dicho en el anexo II, "Análisis estadístico del inventario forestal" que la medición de las densidades de población y de los volúmenes de los arboles, efectuada por medio de muestras, da una aproximación bastante buena del volumen medio por hectárea, pero quedaban dudas en cuanto a la superficie realmente ocupada por las poblaciones forestales inventariadas, a causa de la naturaleza irregular del monte. El inventario fotográfico resulta, pues, muy interesante para disipar las dudas.

Comparando las superficies cubiertas por el inventario fotográfico con el mapa a 1:500 000, establecido según el inventario terrestre, se observa que entre las 267 000 hectáreas del monte (superficie estimada según el inventario terrestre y el mapa a 1:500 000) hay 87 700 no incluidas en el inventario fotográfico.

Este último comprende

$$267\ 000 - 87\ 700 = 179\ 300 = 180\ 000\ \text{Ha}$$

o sea

$$180/267 = 0.675$$

es decir, cerca del 70 por ciento de la superficie inventariada por vía terrestre.

/Especificaciones

Especificaciones de las diferentes agrupaciones boscosas  
 y no boscosas que constituyen el mapa  
 forestal de Olancho, Honduras

Estratos	Superficie (hectáreas)			
	Fracción "A"	Fracción "B"	Total	
PIII	14 357	13 083	27 440	} 70 262
PII	22 533	4 765	27 318	
PI	13 717	1 787	15 504	
PhIII	12 674	27 974	40 648	} 71 912
PhII	9 961	10 970	20 931	
PhI	3 500	6 833	10 330	
PHIII	7 580	4 609	12 189	} 25 747
PHII	2 497	5 805	8 302	
PHI	3 529	1 727	5 256	
H	54 205	73 708	127 833	
HIII	40	-	40	
HII	117	-	117	
HI	871	27	898	
HpIII	-	2 017	2 017	} 6 772
HpII	-	2 357	2 357	
HpI	-	2 398	2 398	
D	39 262	20 173	59 435	
<u>Totales</u>	<u>134 843</u>	<u>173 253</u>	<u>363 016</u>	<u>174 693</u>

P = Pinos.

H = Hojasas.

D = Claro del bosque.

/Para comparar

Para comparar los resultados de ambos inventarios, hay que tener en cuenta que en el inventario terrestre, dentro del límite indicado en el mapa, las parcelas sin pinos (o con escasos pinos mezclados o no con hojosas) han sido tomadas en cuenta en el cálculo del volumen promedio. En cambio, el inventario fotográfico elimina automáticamente tales zonas, por no contener árboles o porque en la mezcla pinos-hojosas no es posible distinguir unos pinos escasos en fotografías a 1:60 000.

El examen del censo del inventario terrestre muestra, por otra parte, que la clase de parcelas de densidad cercana a 0 es relativamente importante.

En efecto, existen 14 parcelas sin pinos, 4 con 1, 5 con 2, 1 con 3, 1 con 4, 2 con 5 y 6 con 6, es decir, en conjunto, 33 parcelas con 0 a 6 pinos.

Siguiendo hasta las parcelas que sólo tienen 10 pinos resulta que 42 parcelas contienen de 0 a 10 pinos, lo que representa  $42/395 = 0.106$ , o sea 10.6 por ciento del total de las parcelas inventariadas.

Cabe admitir, pues, que cerca del 11 por ciento de las parcelas contadas en el inventario terrestre quedan automáticamente deducidas del inventario fotográfico. Entonces, si se trata de comparar las superficies, hay que aumentar en 11 por ciento las obtenidas en el inventario fotográfico. Resulta así:

$$158\ 000 \times 1.11 = 175\ 380 \text{ Ha}$$

para la superficie comparable reconocida en el inventario fotográfico.<sup>1/</sup>

La diferencia entre las estimaciones fotográfica y terrestre es  $179\ 300 - 175\ 380 = 3\ 920 \text{ Ha}$ , o sea  $3\ 920/179\ 300 = 0.022$ , es decir, un error de + 2.2 por ciento en la estimación de las superficies por medio del inventario terrestre, suponiendo, como es lógico, que es más exacto el inventario fotográfico.

<sup>1/</sup> También se puede hacer la comparación disminuyendo la superficie obtenida por el inventario terrestre, pero entonces habría que cambiar todos los valores promedios, de donde resultarían unos cálculos más complicados.



La concordancia entre ambos inventarios resulta, pues la mejor posible. Admitiendo una hipótesis muy pesimista en lo que concierne al inventario terrestre, en vez de contar como no incluidas en él las parcelas que contienen de 0 a 10 pinos, exclúyanse simplemente las que carecen de pinos. Entonces sólo hay que añadir al inventario fotográfico  $24/395 = 0.035$ , o sea 3.5 por ciento, lo que da  $158\ 000 \times 1.035 = 163\ 500$ . La diferencia ( $179\ 300 - 163\ 500 = 15\ 800$ ) representa un error de  $15\ 800/179\ 300 = 0.088$ , o sea alrededor del 9 por ciento.

En suma, la comparación de los resultados muestra que el error de las superficies del inventario terrestre está comprendido entre el 9 y el 2 por ciento.

Por consiguiente, el valor  $\pm 15$  por ciento, admitido al calcular la precisión del inventario terrestre para la estimación del error máximo sobre la superficie, es claramente pesimista. La precisión de los resultados es, pues, un poco mejor que la calculada en el anexo II.

e) Cabe notar también que el inventario fotográfico, por definición más exacto que el inventario terrestre, incluye el 70 por ciento del monte, constituyendo entonces una buena confirmación del inventario terrestre por lo que concierne a las superficies. Como en la parte que se superpone al inventario terrestre da una superficie algo menor que la superficie estimada cuando fue hecho el inventario terrestre, se podría reducir un poco la estimación de este inventario. Pero, por otra parte, el inventario fotográfico revela que el monte se extiende un poco más allá de los límites del contorno trazado en el mapa a 1: 500 000, lo que finalmente restablece o poco menos la concordancia por lo que hace a la cantidad de madera realmente disponible.

f) Volviendo al terreno para localizar en el mapa forestal a 1:60 000, establecida según las fotos, las parcelas inventariadas por el señor Bloch, se podría establecer una correspondencia entre los tipos identificados fotográficamente y las mediciones de densidad ( y por consiguiente de volumen ) efectuadas sobre el terreno.

En cada tipo, considerado entonces como un "universo" distinto, el método estadístico permitiría definir, como se ha hecho para el conjunto del monte, un error estadístico que sería mucho más débil que el calculado para el conjunto, porque la dispersión de las características es menos importante en cada tipo que en el conjunto del bosque.

/g) En el estudio

g) En el estudio anterior, la exactitud del mapa a 1:60 000 no ha sido discutida. En efecto, no es posible considerarlo como un buen mapa geográfico a esta escala, pues sólo se trata de una restitución fotogramática sumaria de las fotos aéreas. Por otra parte, excepción hecha de la estación geodésica "La Cruz" —que ha sido reconocida en el terreno y reportada en la fotografía correspondiente por uno de los agentes forestales del Gobierno de Honduras—, las otras estaciones geodésicas cuyas coordenadas han sido comunicadas por el Instituto Cartográfico de Honduras, no han sido reidentificadas en el terreno ni señaladas en los clichés correspondientes.

No se hizo más que marcarlas en las fotografías según la descripción de dichas estaciones y considerando que deberían estar situadas en las cimas. No hay dudas en cuanto a su localización. En fin, como no hay superposición entre la banda del extremo sur y la que está inmediatamente al norte de ella, la precisión es desde luego muy precaria por lo que concierne a la posición relativa de esas dos bandas.

Por fortuna, casi no hay más que hojosas en la parte de la banda norte mal empalmada, de modo que la distorsión eventual no afecta la medición de las superficies de pinos.

Anexo IV

EXPERIMENTOS CON EL PINUS OCCARPA DE HONDURAS  
PARA LA FABRICACION DE PASTA Y PAPEL \*

Generalidades

Se hicieron pruebas con dos muestras de Pinus occarpa, conocido en algunas regiones de Honduras como ocote y en otras como pinabete rojo, para hacer pasta mecánica y al sulfato, y papeles para diarios, envoltura, para escribir y tisú. Se obtuvo un papel de diarios de una calidad aceptable a partir de mezclas de pastas mecánicas de ocote o de pinabete rojo con un 20-25 por ciento de pasta al sulfato blanqueada hecha con el pino sureño de los Estados Unidos (Southern pine). Los papeles que se hicieron con pasta mecánica sin blanquear resultaron más oscuros que el papel de diarios comercial promedio; pero se obtuvo un papel de buen color con pasta mecánica blanqueada. Este papel hecho con pasta mecánica blanqueada no resultó tan opaco como el papel de diario comercial, pero se subsanó este defecto agregando una pequeña cantidad de carga (caolín).

Las dos muestras de madera resultaron casi iguales y muy similares al pino sureño de los Estados Unidos en cuanto a su adaptación a la cocción al sulfato. Las pastas presentaron una resistencia elevada al rasgado, resultando las demás resistencias mecánicas relativamente buenas. Los papeles se obtuvieron con pasta al sulfato sin blanquear y con la misma blanqueada, preparadas a su vez de partes iguales de las dos maderas. Se hicieron papeles bond y para envoltura de buenas perspectivas. El papel blanco para envolver presentó una resistencia superior a la del no blanqueado. Las fibras largas de las pulpas impidieron una buena formación de la hoja en la máquina experimental que se usó, que trabaja a velocidades muy bajas, por lo que algunas clases de papeles, principalmente los sin blanquear para envoltura y bolsas, los de escribir muy ligeros (como el aéreo) y el tisú, no alcanzaron las propiedades que probablemente hubieran tenido de haberse hecho en un equipo de características industriales, o en máquinas más rápidas.

Introducción

El ocote recibido para estos experimentos procedía de tres regiones de Honduras: La Unión, El Manto y Gualaco; el pinabete rojo, de la región de Gualaco.

\* Informe del Laboratorios de Productos Forestales (Madison, Wis.), del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (trabajo No. 1417, proyecto 926-530.01-7-302), redactado por G.H. Chidester, Jefe de la División de Pasta y Papel, y E.R. Schafer, Ing. Químico, con la cooperación del Gobierno de Honduras.

Para fines de identificación, se suministraron muestras consistentes en secciones transversales, piñas y hojas. La madera en su totalidad fue identificada como de Pinus oocarpa en el Museo de Historia Natural de Chicago, por el Dr. Julián Steyermark, especialista en flora tropical.

Como la madera provenía de dos regiones distintas de Honduras (hecho que probablemente explica la diferencia de nombres) se procedió a hacerles los ensayos por separado, y los resultados están anotados en esa forma.

En este informe se estudian las cualidades que tienen las maderas para hacer pasta mecánica y al sulfato; y las posibilidades que existen de hacer papel de diario, de envoltura, de escribir y papel tisú a partir de estas pastas. <sup>2/</sup>

Se entiende que las pruebas en la madera, pulpa y papel, se hicieron siguiendo los métodos patrones de la TAPPI, de no indicarse otra cosa.

#### Descripción de la madera

Se descortezó la madera y se trató con Permatox para evitar que se oscureciera antes de embarcarla. Al recibirse en los Laboratorios de Productos Forestales se encontraba en condiciones excelentes.

Las pruebas físicas y químicas hechas en la madera se presentan en el cuadro 1. Los ensayos físicos se hicieron con secciones de 1" de grueso cortadas de un extremo de las piezas seleccionadas para la manufactura de pastas mecánica y al sulfato. Los análisis químicos se hicieron con muestras de las astillas destinadas a la preparación de pasta al sulfato. La medición de las fibras, para determinar su longitud, se hizo en muestras de pasta al sulfato. Se seleccionó el ocote de cada región y se tomaron partes iguales en volumen de cada una de ellas para obtener muestras representativas de la madera utilizada para hacer la pasta.

---

1/ La preparación de la pasta mecánica se hizo por Axel Hyttinen, Ing. Químico; la de la pasta al sulfato por J. S. Martin, Ing. Químico; el blanqueamiento de la pasta por R. M. Kinsbury, Químico; y los experimentos en la manufactura del papel por el técnico D.J. Fahey.

Pruebas Físicas y Análisis Químico del Pinus Oocarpa

Nombre común	Muestra <sup>1/</sup>	Propiedades Físicas Promedio					Análisis Químico <sup>2/</sup>								Densidad aparente de las astillas (lb x pie) <sup>3/</sup>		
		Piezas en la muestra (No. )	Diámetro de los troncos <sup>4/</sup> (pulgadas)	edad de los troncos <sup>4/</sup> (Años)	Anillos por pulgada (No. )	Peso específico <sup>5/</sup>	Alfa celulosa (%)	Lignina (%)	Pentosanos totales (%)	Solubilidad en				Cenizas (%)		Longitud de la fibra (mm)	
											Na OH al 1%	Agua caliente (%)	Alcohol Benzol (%)	Eter (%)			
Ocote	A	34	10.6	53.5	10.7	0.480	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
idem	B	22	9.5	24.6	5.1	0.468	50.2	27.9	10.7	11.5	1.9	2.1	1.4	0.4	4.81	11.6	
idem	C	56	10.2	40.5	8.5	0.476	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pinabete rojo	A	32	5.8	22.1	7.8	0.451	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
idem	B	19	11.3	43.8	7.4	0.517	52.3	26.5	9.9	12.9	3.6	5.2	3.4	0.3	4.59	12.7	
idem	C	51	7.8	30.2	7.7	0.476	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

<sup>1/</sup> La muestra A fue seleccionada para ser desfibrada mecánicamente. La B fue la madera seleccionada para la cocción al sulfato. La línea C de los promedios en peso de las muestras A y B. El ocote se seleccionó tomando como base un volumen igual de cada una de las tres zonas forestales.

<sup>2/</sup> Sobre una base de madera absolutamente seca.

<sup>3/</sup> Peso de madera absolutamente seca por pie cúbico de astillas verdes.

<sup>4/</sup> Los lotes de donde se tomaron las muestras consistían en una mezcla de rollos y de secciones rotas de rollos. Los diámetros y las edades de los troncos de los cuales formaban parte las secciones están incluidos en los promedios.

<sup>5/</sup> Peso absolutamente seco y volumen de madera verde.

/El ocote y

El ocote y el pinabete rojo usados eran relativamente jóvenes y de crecimiento rápido. El peso específico promedio equivale al del pino sureño utilizado en la manufactura de pastas. Aunque no se midió, se observó que el contenido total de duramen era muy pequeño, e incluso en algunos ejemplares estaba ausente. De manera semejante, se encontró muy poca madera de compresión. La densidad aparente de las astillas aparece en el cuadro 1.

#### Obtención de la pasta mecánica

##### Equipo y procedimiento

El desfibrador experimental tiene tres cajones de 16" (40.64 cm ) de ancho que admiten trozos de madera de 6" (15.24 cm ) de largo. Las muelas son de 54" (137.2 cm ) de diámetro y 8" (20.32 cm ) de ancho. La que se usó para este trabajo era de asperón de las canteras de Opekiska, de Virginia Occidental. Las condiciones de operación se presentan con los datos tabulados.

Se depuraron las pastas en un tamiz plano con ranuras de 0.008" (0.02 cm ), y se detuvieron en un prensa-pasta antes de blanquearlas o de hacer papel con ellas.

##### Experimentos de desfibramiento o molienda

Las pastas mecánicas hechas con ocote y pinabete rojo resultaron tener casi las mismas propiedades, entre sí y con respecto a las pastas mecánicas de pino sureño de los Estados Unidos (cuadro 2). Los experimentos iniciales para hacer papel de diario con la pasta de ocote No. 1174 indicaron que tenía un filtrado muy bajo. Por ello se hizo la pasta No. 1175 a mayor presión. Debido a ello, la resistencia disminuyó un poco; la pasta obtenida fue más filtrable (tuvo un grado de desgote mayor) y, además, se obtuvo apreciablemente con menos consumo de energía. El pinabete rojo se desfibró después a la misma presión con el mismo consumo de energía, más o menos, aunque el filtrado de esta pasta fue algo menor que el obtenido en la cocción No. 1175.

/Pruebas de

### Pruebas de blanqueo de la pasta mecánica

Por considerarse más conveniente para el caso, los experimentos de blanqueo de estas pastas mecánicas se hicieron con peróxido de hidrógeno. Se hubieran obtenido resultados idénticos con cantidades equivalentes de peróxido de sodio bajo las mismas condiciones (1 libra de agua oxigenada al 50 por ciento es más o menos equivalente a 1.15 de peróxido de sodio).

En el cuadro 3 aparecen los resultados de los experimentos en pequeña escala y en la planta piloto. El cuadro incluye datos para pruebas de blanqueo con hidrosulfito de sodio. Las condiciones de blanqueo en todos los experimentos se hicieron de acuerdo con las recomendaciones de los fabricantes de peróxido e hidrosulfito.

La brillantez de las pastas de pino fue de 5 a 8 puntos inferior al nivel necesario para papel de diario. Sin embargo, no resultaron difíciles de blanquear, y las cantidades de peróxido usadas: 1.75 y 2.2 por ciento para el ocote (blanqueos No. 4379 y 4375, respectivamente) y 1.3 para el pinabete rojo (blanqueo No. 4380), son más o menos las habituales en las fábricas de pasta mecánica.

Las pruebas en pequeña escala para comparar los efectos del peróxido y del hidrosulfito se hicieron algo después de haberse blanqueado las cantidades más grandes. Como se anota en el cuadro 3, las dos pastas habían oscurecido para entonces cerca de 5 puntos. Sin embargo, se obtuvieron aumentos apreciables de blancura con peróxido al 2 por ciento. Se encontró que el hidrosulfito tenía el mismo efecto blanqueador que el peróxido y que soluciones de 2 por ciento o menos de hidrosulfito de sodio serían suficientes.

Las pastas mecánicas blanqueadas con peróxido resultaron ligeramente más débiles que las sin blanquear (cuadro 2).

### Obtención de la pasta al sulfato

Las cocciones de madera al sulfato se hicieron para obtener pastas fuertes (kraft) y blanqueables a partir del ocote y del pinabete rojo. Cada cocción se hizo en una serie de lejiaciones en pequeña escala

/Cuadro 2

Cuadro 2

Desfibrado del ocote y del pinabete rojo, y propiedades de las pastas

Número de ensayo de desfibramiento	Datos del desfibramiento <sup>1/</sup>				Propiedades de la pulpa					Propiedades de las hojas experimentales <sup>2/</sup>				
	Presión de la madera en la muela (lb por pulg.) <sup>2/</sup>	Relación de molienda <sup>3/</sup> (Ton)	Energía consumida <sup>4/</sup> (HP.)	Energía consumida <sup>5/</sup> (HP días)	Clase de pasta	Desgotado		Análisis del tamizado			Desgarramiento (g. lb resma)	Longitud de ruptura (m)	Blancura (%)	Densidad (g por cc)
						Schopper Riegel (ml)	Canadian Standard (ml)	Retenido en la malla 2B (%)	Pasó por la malla 200 (%)	Revenimiento (puntos x lb x resma)				
OCOTE														
1 174	25	0.704	62.8	89	cruda	255	50	12.0	37.5	0.26	0.64	2 960	51.4	0.43
					blanq.	293	70	14.3	35.7	0.25	0.73	2 940	62.2	0.43
1 175	30	1.00	73.8	74	cruda	425	135	13.4	30.6	0.21	0.54	2 530	52.3	0.41
					blanq.	360	120	10.1	34.1	0.20	0.52	2 240	61.7	0.42
PINABETE ROJO														
1 176	30	1.04	78.8	76	cruda	333	83	14.9	31.6	0.23	0.69	2 740	54.8	0.42
					blanq.	340	87	14.9	29.4	0.22	0.68	2 670	62.2	0.45

<sup>1/</sup> Se usó una muela de asperón de la región de Opekiska con un dibujo en la superficie producido por una moleta repicadora No. 10, de 1.5", en espiral. La muela estuvo en servicio durante 8 hr. antes de empezar estos experimentos, por lo que la superficie de la muela estaba un poco desafilada. La velocidad periférica fue de 3 120 pies/min.

<sup>2/</sup> El peso base de las hojas de prueba fue de 115 lb por resma de 500 hojas de 25 x 40 pulgadas, a la humedad de equilibrio de 50 por ciento de humedad relativa y 72°F.

<sup>3/</sup> Madera absolutamente seca por 24 horas por pie cuadrado de área de contacto entre muela y madera.

<sup>4/</sup> Por pie cuadrado de área de contacto entre madera y muela.

<sup>5/</sup> Por tonelada de madera absolutamente seca.

<sup>6/</sup> Determinado con un clasificador Bauer-McNett.



Cuadro 3

Experimentos de blanqueo de pastas mecánicas de ocote y pinabete rojo

Blanqueamiento No.	Agente de blanqueamiento <sup>1/</sup>		Condiciones de blanqueamiento				Blancura <sup>2/</sup>		
	Nombre	Cantidad aplicada (%)	Temp. (°C)	Consistencia (%)	Duración (Min)	pH	Pasta cruda (%)	Pasta blanq. (%)	Ganancia (Puntos)
OCOTE, ENSAYO DE DESFIBRAMIENTO No. 1174									
4 375 <sup>3/</sup>	Peróxido de H <sub>2</sub> <sup>4/</sup>	2.20	50	8.6	270	10.7-9.8	51.4	62.2	10.8
OCOTE, ENSAYO DE DESFIBRAMIENTO No. 1175									
4 441	Peróxido de H <sub>2</sub> <sup>4/</sup>	0.50	50	10.0	60	10.6-9.9	47.0	51.2	4.2
4 442	idem <sup>4/</sup>	1.00	50	10.0	60	10.8-9.8	47.0	54.5	7.5
4 443	idem <sup>4/</sup>	2.00	50	10.0	180	10.7-9.1	47.0	59.2	12.2
4 447	Hidrosulfito de Na. <sup>5/</sup>	0.50	60	3.0	60	6.5-6.3	47.0	53.0	6.0
4 448	idem <sup>5/</sup>	1.00	60	3.0	60	6.5-6.3	47.0	56.6	9.6
4 449	idem <sup>5/</sup>	2.00	60	3.0	60	6.5-6.5	47.0	59.1	12.1
4 379 <sup>3/</sup>	Peróxido de H <sub>2</sub> <sup>4/</sup>	1.75	51	12.5	180	10.6-9.8	52.3	61.7	9.4
PINABETE ROJO, ENSAYO DE DESFIBRAMIENTO No. 1176									
4 444	Peróxido de H <sub>2</sub> <sup>4/</sup>	0.50	50	10.0	60	10.6-9.9	49.2	54.6	5.4
4 445	idem <sup>4/</sup>	1.00	50	10.0	60	10.6-9.7	49.2	57.1	7.9
4 446	idem <sup>4/</sup>	2.00	50	10.0	180	10.6-9.0	49.2	62.4	13.2
4 450	Hidrosulfito de Na. <sup>5/</sup>	0.50	60	3.0	60	6.5-6.5	49.2	53.5	4.3
4 451	idem <sup>5/</sup>	1.00	60	3.0	60	6.5-6.7	49.2	55.8	6.6
4 452	idem <sup>5/</sup>	2.00	60	3.0	60	6.5-6.5	49.2	59.9	10.7
4 380	Peróxido de H <sub>2</sub> <sup>4/</sup>	1.30	51	12.4	120	10.6-9.7	54.8	62.2	7.4

<sup>1/</sup> Los porcentajes de los productos químicos se basan en el peso de la pulpa, absolutamente seca.

<sup>2/</sup> Hojas secadas al aire. Las hojas de pasta blanqueada se formaron a un pH de 5.

<sup>3/</sup> Aproximadamente, se blanquearon 190 lb. de pasta para hacer el papel.

<sup>4/</sup> Solución al 50%. El licor blanqueador contenía 0.05% de Epsom, 5% de una solución de silicato de sodio (8.9% de Na<sub>2</sub>O y 2% de SiO<sub>2</sub>), y 0.4-1.6% de hidróxido de sodio.

<sup>5/</sup> Se agregó el 1% de fosfato trisódico, y el aire fue eliminado con nitrógeno gaseoso antes de agregar el hidrosulfito.

<sup>3/</sup> para determinar

para determinar la cantidad de productos químicos más convenientes para producir un determinado tipo de pasta. Además de las pruebas habituales se determinaron también los sólidos totales contenidos en el licor negro, los poderes caloríficos de los sólidos totales, y el número de nudos en los rechazos del tamizado. Después de establecer las necesidades de productos químicos, se obtuvieron cantidades más grandes de pasta en la planta piloto para proporcionar material para los ensayos de blanqueo y fabricación de papel.

#### Procedimientos de obtención de la pasta

Para determinar los rendimientos en las series de cocciones en pequeña escala, se trataron por calentamiento indirecto unas cantidades de astillas de 5/8" (1.58 cm) equivalentes de 7.0 lb (3.18 Kg) de madera absolutamente seca en unos digestores rotativos de 0.8 pies<sup>3</sup> (22.6 lts), recubiertos por una cámara de vapor. Para obtener la relación deseada de líquido a madera se utilizó agua, en lugar de licor negro, para diluir el licor de cocción. El volumen líquido en el digestor, incluyendo la humedad de las astillas, era de 48 galones (151 lts) por 100 lb (45.3 Kg) de madera absolutamente seca. Al final del período de cocción, la presión del digestor se redujo a la atmosférica; la pasta se descargó en tamices y se lavó. Se mezcló la pasta para separar las fibras, se lavó y se tamizó en placas con ranuras de 0.012". Después se prensó, se desmenuzó, se pesó y se tomaron muestras para determinar la humedad.

En las lejiaciones hechas en la planta piloto se trataron cantidades de astillas equivalentes a 120 lb (54.36 Kg) de madera absolutamente seca en digestores rotativos de 14 pies<sup>3</sup> (396 lts) recubiertos de una cámara de vapor para calentamiento indirecto. Al final del período de cocción, el contenido del digestor se expulsó a la presión total en un tanque de descarga (blow tank), se lavó completamente y se tamizó en un cedazo de 0.012". La pasta tamizada se envió a una máquina secadora para reducir el contenido de agua a aproximadamente un 75 por ciento.

Cuadro 4

Condiciones de las cocciones y resultados obtenidos en las digestiones al sulfato del  
ocote y pinabete rojo

No. de cocción <sup>1/</sup>	Peso de la made ra car- gada (ab soluta- mente seca) (lb)	Reactivos in troducidos <sup>2/</sup> (por 100 lbs de madera ab solutamen te seca)		Reacti vos con sumidos de los reacti- vos car gados (%)	Densi dad a 15°C (°Bé)	Licor negro		Rendimiento de pas ta completa seca por 100 lb de madera absolutamen te seca Tamizada Rechazo (lb) (lb)	Piezas burdas en el rechazo <sup>4/</sup> Nudos Total (No.) (No.)		Número de permanganato	
		Reactivos totales <sup>3/</sup> (lb)	Alcali activo <sup>2/</sup> (lb)			Sólidos totales <sup>4/</sup>						
						Por peso de licor negro (%)	Por 100 lbs de pasta ab solutamen te seca (lb)		Por peso de licor negro (%)	Por 100 lbs de pasta ab solutamen te seca (lb)		
OCOTE												
3 558X	7.0	17.5	13.65	86.9	9.6	-	-	39.5	13.1	462	4 520	32.4
3 567X, 3 571	7.0	19.0	14.82	79.9	10.1	14.57	132.0	47.5	2.6	421	1 925	30.0
4 230	120.0	19.0	14.82	78.1	10.0	-	-	47.4	1.3	-	-	29.8
3 559X, 3 563X	7.0	20.0	15.60	79.2	10.6	15.04	135.0	48.1	1.2	326	1 158	27.7
3 560X, 3 564X	7.0	22.5	17.55	74.2	11.4	16.00	147.8	46.9	0.5	209	791	23.9
3 561X, 3 565X	7.0	25.0	19.50	70.1	12.2	16.64	158.9	45.8	0.3	219	531	18.9
4 231, 4 238	120.0	25.0	19.50	66.0	12.1	-	-	45.6	0.2	-	-	18.1
3 562, 3 566X	7.0	27.5	21.45	63.6	12.9	17.07	167.2	44.8	0.3	64	351	17.6
PINABETE ROJO												
3 603X, 3 604X	7.0	19.0	14.82	78.8	10.1	14.50	131.6	47.5	1.6	50	1 026	27.0
4 236	120.0	19.0	14.82	76.2	10.2	-	-	47.3	0.8	-	-	26.1
3 589X, 3 601X	7.0	20.0	15.60	76.4	10.3	14.91	135.4	47.4	1.0	30	024	25.4
3 590X, 3 602X	7.0	22.5	17.55	72.3	11.3	15.90	148.5	46.4	0.3	31	370	19.1
3 588X, 3 595X	7.0	25.0	19.50	68.2	12.0	16.62	159.6	45.3	0.2	32	158	18.1
4 241, 4 242	120.0	25.0	19.50	67.1	12.3	-	-	43.9	0.1	-	-	15.6
3 586X, 3 596X	7.0	27.5	21.45	64.6	12.7	17.07	170.0	44.0	0.1	33	163	16.6
MEZCLA 50-50% DE PINABETE ROJO Y OCOTE												
4 237	120.0	19.0	14.82	77.6	10.1	-	-	47.9	0.9	-	-	28.4

NOTAS:

- 1/ Los experimentos en pequeña escala se muestran con una X. Las otras son las cocciones hechas en la planta piloto.
- 2/ Todas las cocciones se hicieron en lejiadoras cilíndricas, rotativas, con cámara de calor y calentamiento indirecto por vapor. Las condiciones de las cocciones, a no ser que se indique, fueron las siguientes: proporción de madera a líquido 1:4; sulfidez (basada en el álcali activo) 25.5%; temperatura máxima: 170°C; período de aumento de presión: 1.5 hr; duración a la temperatura máxima: 1.5 hr.
- 3/ Los reactivos totales cargados son la suma del hidróxido y del sulfito de sodio. El álcali activo cargado fueron los mismos reactivos totales cargados reportados como óxido de sodio.
- 4/ Piezas de más de 1/8 en anchura, expresados por 100 lb. de pasta tamizada absolutamente seca.

Examen de las experiencias de cocciones al sulfato

La serie de cocciones en pequeña escala con ocote (cuadro 4) se planeó para producir calidades de pasta kraft, y blanqueable, variando la cantidad de álcali activo de 13.7 por ciento a 21.5 por ciento del peso de madera absolutamente seca. Con este incremento en el álcali activo, los productos químicos consumidos (basados en la cantidad de productos químicos agregados), disminuyeron de 86.9 a 63.6 por ciento; la densidad del licor negro aumentó de 9.6° a 12.9° Be', los rechazos en el tamiz disminuyeron de 13.1 a 0.2 por ciento, el rendimiento total (la pasta tamizada más los rechazos) disminuyó de 52.6 a 45.1 por ciento y los números de permanganato disminuyeron de 32.4 a 17.6. La cantidad más pequeña de álcali activo proporcionó una cocción inadecuada, como indican el rendimiento tan bajo de pasta tamizada y la cantidad excesiva de rechazos. El rendimiento de pasta tamizada alcanzó su máximo de 48.1 por ciento con un 15.6 por ciento de álcali activo; pero disminuyó a 44.8 por ciento con la cantidad más grande de álcali.

Los resultados de las cocciones de ocote indicaron que los productos químicos necesarios para producir una pasta kraft con un rendimiento cercano al máximo fué de 14.8 por ciento de álcali activo; y que para producir una pasta blanqueable con un buen rendimiento se necesita un 19.5 por ciento de álcali activo. Estos porcentos de álcali activo se usaron en las cocciones hechas en la planta piloto (cocciones 4230, 4231 y 4238).

En las series de cocciones en pequeña escala con pinabete rojo, el porcentaje de álcali activo se cambió de 14.8 a 21.5 por ciento. La semejanza entre los resultados obtenidos con el pinabete rojo y los encontrados con el ocote indica que estas maderas presentan las mismas características a la cocción. Las diferencias menores en los rechazos del tamizado y en los números de permanganato de las pastas tendieron a favorecer al pinabete rojo; pero dichas diferencias no se consideraron

/significativas

significativas porque se estimó que, probablemente, se debieron a una cantidad mayor de nudos en el ocote. Las cantidades de productos químicos necesarias para producir los dos tipos de pastas con el pinabete rojo, fueron las mismas que se utilizaron con el ocote. Las características a la cocción de estas maderas también fueron similares a las de los pinos sureños de los Estados Unidos.

Las cocciones hechas en la planta piloto con las dos maderas dieron rendimientos de 47 a 48 por ciento de pasta tamizada absolutamente seca para la pasta kraft y 44 a 46 por ciento para la pasta blanqueable. Los rechazos en el tamizado, de 1 por ciento nominal para el rendimiento más bajo, fueron satisfactoriamente bajos. Como el ocote y el pinabete rojo tienen más o menos la misma densidad, y dieron los mismos rendimientos de pasta en peso, deberán proporcionar en consecuencia, los mismos rendimientos, más o menos, con base volumétrica.

#### Sólidos totales en el licor negro

Se determinaron los sólidos totales de los licores negros de las cocciones en pequeña escala por el método TAPPI T-625 m-48. Los valores de los porcentajes en peso de los sólidos totales en el licor negro, y los valores calculados tomando como base el peso en libras de sólidos totales por 100 lb de pasta absolutamente seca se anotan en el cuadro 4. Estos valores subieron uniformemente a medida que se aumentó el porcentaje de álcali activo. La variación de estos valores fue casi la misma para las dos maderas. Se indica que los valores de los sólidos totales, son más bajos que los que se obtendrían en las cocciones comerciales, donde cerca del 40 por ciento del volumen líquido en el digestor es licor negro que se ha agregado.

#### Caloríficos de la corteza y de los sólidos del licor negro

Los calores de la combustión de la corteza de ocote y del pinabete rojo, y de cuatro muestras de sólidos de licor negro se presentan en el cuadro 5. Las muestras de licores negros representan sólidos de los dos tipos de cocciones. Los poderes caloríficos de todas las muestras se expresan en calorías por gramo y en unidades térmicas británicas por libra, en una base absolutamente seca.

Cuadro 5

Calor de combustión de la corteza y sólidos del licor negro, del pinabete rojo y ocote

Material	Humedad (%)	Calor de combustión <sup>1/</sup>	
		( UFB x lb)	(Cal. por g)
Corteza de ocote	0.8	9 380	5 210
Corteza de pinabete rojo	0.7	9 320	5 180
Sólidos del licor negro de ocote			
Cocciones Nos. 3559X y 3563X <sup>2/</sup>	5.2	7 260	4 030
Cocciones Nos. 3561X y 3565X <sup>3/</sup>	7.7	6 890	3 830
Sólidos del licor negro de pinabete rojo			
Cocciones Nos. 3589X y 3501X <sup>2/</sup>	4.2	7 280	4 040
Cocciones Nos. 3588X y 3595X <sup>2/</sup>	5.5	7 140	3 965
Corteza del "jack pine" (P. divaricata) <sup>4/</sup>	6.6	9 380	5 210
Corteza del pino de Murray (P. contorta murayana) <sup>4/</sup>	5.6	10 795	6 000
Corteza del "slash pine" (P. heterophylla) <sup>4/</sup>	6.4	9 620	5 345

<sup>1/</sup> Con base en materiales absolutamente secos

<sup>2/</sup> Pasta tipo kraft

<sup>3/</sup> Pasta tipo blanqueable

<sup>4/</sup> Datos tomados de "Chemical Composition and Uses of Bark", Forest Products Laboratory Report No. 1666-5 (Revised March 1957).

Los poderes caloríficos de la corteza de ocote y de la de pinabete rojo fueron prácticamente iguales, y también entre los límites de valores para cortezas de especies coníferas generalmente empleadas en el proceso al sulfato. Stickney <sup>2/</sup> reportó que los poderes caloríficos de corteza seca son de 8 500 UTB por libra, y los de los sólidos del licor negro de 6 610 UTB por libra. El poder calorífico de los sólidos de las pastas kraft es un poco más grande que el de los sólidos de las pastas blanqueables, a causa de la mayor cantidad de productos químicos en los sólidos de estas últimas. Los poderes caloríficos de los sólidos del licor negro fueron superiores a las 6 600-6 800 UTB. por libra generalmente obtenidas en cocciones experimentales con pino sureño.

#### Cuenta de los nudos en los rechazos del tamiz

El recuento de nudos y el número total de trozos mayores de 1/8" de ancho (incluso nudos), en el rechazo del tamiz, obtenidos de cada una de las cocciones en pequeña escala, se expresaron en número por 100 lb. de pasta tamizada absolutamente seca. El recuento de nudos para las cocciones de ocote oscilaron entre 64 y 462, y variaron para las de pinabete rojo entre 30 y 60 (cuadro 4). Las lejiaciones de ocote dieron también un mayor número de trozos grandes que las del pinabete. En general, el número de nudos y el total de trozos sin lejiar en el rechazo de los tamices disminuyó a medida que se aumentó la cantidad de álcali activo.

#### Resistencia de las pastas al sulfato sin blanquear

Se hicieron pruebas para determinar la resistencia en condiciones estándar de humedad y temperatura con hojas experimentales pero los resultados no se calcularon sobre la base peso del papel absolutamente seco especificado en los métodos TAPPI. Los datos obtenidos con hojas se anotaron en forma gráfica con los del filtrado (desgote) de la pasta, y de las curvas se interpolaron valores para un drenado canadiense patrón de 450 y 250 mL.

<sup>2/</sup> A.B. Stickney, "By-product fuel for Steam and Power in Kraft Mills", Paper Trade Journal, Vol. 142, No. 22, pp. 36-40 (2 de junio de 1958).



### Cocciones de pasta en pequeña escala

En el cuadro 6 se comparan las resistencias físicas de las pastas sin blanquear de ocote y de pinabete rojo, a un filtrado (desgote) de 450 ml. Las variaciones de las resistencias de las pastas de las dos maderas fueron tan pequeñas que no resultaron evidentes las correlaciones definidas entre las propiedades y el rendimiento, o la cantidad de álcali activo utilizado en la cocción. La resistencia al reventamiento de las dos pastas disminuyó a medida que disminuyeron los rendimientos. Las pulpas de pinabete rojo tendieron a ser algo más resistentes al desgarramiento, y más débiles a la longitud de la ruptura que las pastas de ocote. Como la mayoría de los valores de las propiedades físicas no resultaron significativamente diferentes, se puede considerar que las dos pastas tienen más o menos, la misma resistencia.

### Cocciones en la planta piloto

Las pastes al sulfato sin blanquear obtenidas en la planta piloto, que se utilizaron en los experimentos de fabricación de papel, presentaron una resistencia alta al desgarramiento, y las demás propiedades resultaron también moderadamente altas. En el cuadro 7 se dan los datos de las resistencias, así como sus valores interpolados a desgutados de 450 y 250 ml. Estos valores de las resistencias son típicos en pastas al sulfato de pino sureño de los Estados Unidos.

### Pruebas de blanqueo de las pastas al sulfato

Para la obtención de los papeles experimentales de pasta kraft blanqueada, se procedió a mezclar y blanquear 100 lb de cada una de las pastas de ocote y de pinabete rojo. El blanqueamiento se realizó en cuatro etapas, a saber: 1) cloración; 2) extracción con una mezcla de sosa cáustica y de hipoclorito de sodio (extracción oxidativa); 3) tratamiento con hipoclorito; y 4) tratamiento con peróxido. Este es un procedimiento sencillo y se ha utilizado ya para blanquear pastas al sulfato de maderas de latifolias y de coníferas hasta una blancura de 85 por ciento sin pérdida de resistencia.

Cuadro 6

Comparación de las propiedades de resistencia de las pulpas al sulfato sin blanquear de ocote y de pinabete rojo, hechas en pequeña escala

Cocción número	Rendimiento de la pulpa tamizada (Por ciento)	Propiedades de la pulpa <sup>1/</sup>				Longitud de ruptura m.	Densidad de la hoja g. por cc.	Tiempo de refinamiento min.
		Resistencia al remolque (Puntos x lb. x resma) <sup>2/</sup>	Resistencia al desgarramiento (Gramos x resma) <sup>2/</sup>	Resistencia al doble plegado (Dobles)	Resistencia al doble plegado (M.I.T.)			
OCOTE								
3567X, 3571X	47.5	1.13	2.00	880	8 800	0.66	39	
3559X, 3563X	48.1	1.24	1.96	1 100	8 900	0.68	40	
3560X, 3564X	46.9	1.16	1.90	1 150	9 200	0.70	38	
3561X, 3565X	45.8	1.18	1.86	1 050	8 900	0.71	38	
3562X, 3566X	44.8	1.12	1.83	1 020	9 000	0.70	38	
PINABETE ROJO								
3603X, 3604X	47.5	1.22	1.99	1 130	8 600	0.66	45	
3589X, 3601X	47.4	1.20	1.97	1 250	8 800	0.66	46	
3590X, 3602X	46.4	1.18	2.20	1 220	8 500	0.65	35	
3588X, 3595X	45.3	1.10	2.17	1 020	8 000	0.65	36	
3586X, 3596X	44.0	1.10	2.05	1 000	8 500	0.65	32	

<sup>1/</sup> A un desgote de 450 ml. (Canadian Standard), los datos de la hoja experimental se obtuvieron por interpolación de las curvas del refinador.

<sup>2/</sup> La resma es de 500 hojas, 25 x 40 pulgadas.

Cuadro 7

Resultados de resistencias de las pastas al sulfato crudas de ocote y pinabete rojo <sup>1/</sup>

Tiempo de re-finado	Desgotado (Canadian Standard)	Resistencia al reventamiento	Resistencia al desgarramiento	Resistencia al doble plegado	Longitud de ruptura	Densidad de la hoja
min	ml.	Puntos x libra x resma <sup>2/</sup>	g. x lb. x resma <sup>2/</sup>	doble plegado	m.	g. por cc
Ocote, Cocción No. 4230						
5	760	0.19	3.14	6	1 710	0.28
25	690	0.90	2.71	609	6 510	0.54
40	470	1.21	2.11	963	8 770	0.64
55	220	1.24	1.77	1 170	9 620	0.71
41	450	1.22	2.07	990	8 900	0.64
53	250	1.24	1.81	1 150	9 500	0.70
Ocote, Cocciones Nos. 4231 y 4238						
5	740	0.30	3.66	29	3 020	0.36
25	630	0.95	2.38	674	7 640	0.60
35	505	1.15	2.07	784	8 400	0.66
45	330	1.26	1.76	1 257	8 700	0.70
55	170	1.28	1.64	1 416	9 600	0.73
38	450	1.20	1.96	940	8 500	0.67
50	250	1.27	1.69	1 360	9 000	0.72
Pinabete rojo, Cocción No. 4236						
5	750	0.17	2.90	5	1 820	0.31
30	680	0.84	2.85	465	7 180	0.54
50	470	1.27	2.02	802	9 200	0.63
70	205	1.42	1.78	1 108	10 000	0.71
52	450	1.29	2.00	830	9 300	0.64
67	250	1.40	1.82	1 070	9 900	0.70
Pinabete rojo, Cocciones Nos. 4241 y 4242						
5	750	0.22	3.17	12	2 660	0.35
40	650	1.01	2.26	700	8 000	0.62
55	500	1.18	2.08	902	8 470	0.66
65	370	1.29	1.89	1 202	9 270	0.70
75	240	1.28	1.81	1 365	10 040	0.73
59	450	1.23	2.00	1 040	8 800	0.68
74	250	1.28	1.82	1 350	10 000	0.73
Mezclas equiponderantes de ocote y pinabete rojo, Cocción No. 4237						
5	750	0.23	2.85	16	1 830	0.30
30	670	0.97	2.82	544	6 430	0.52
45	460	1.17	2.11	934	8 100	0.60
60	240	1.34	1.79	1 457	9 620	0.70
45	450	1.18	2.08	970	8 200	0.60
59	250	1.33	1.82	1 420	9 500	0.70

<sup>1/</sup> Los valores están dados a un filtrado de 450 y 250 ml. interpolados de las curvas de prueba del refinador.

<sup>2/</sup> La resma es de 500 hojas, 25 x 40 pulgadas.

/En la etapa

En la etapa final, el tratamiento con el peróxido mejora la estabilidad de la blancura.

Las necesidades de cloro para la primera etapa se determinaron con ensayos en pequeña escala. Luego en la operación de la planta piloto, se suministró suficiente cloro para obtener un pequeño residuo tras un período de reacción de 90 minutos. Después de la etapa de extracción, se hicieron otros ensayos con la pulpa extraída para establecer la cantidad de hipoclorito necesaria para la etapa número 3. En el cuadro 8 se muestran las cantidades de reactivos suministrados, así como las condiciones de operación.

La mezcla de pulpas requirió 8.5 por ciento de cloro total para alcanzar una blancura de 84.4 por ciento al final de la etapa No. 3; lo cual está cerca de los valores de las necesidades de cloro para blanquear las pastas al sulfato de pinos hechas en los Estados Unidos. El tratamiento con el peróxido en la cuarta etapa aumentó la blancura 0.8 puntos, y su estabilidad de 2.5 a 4.5 puntos, como se muestra en la siguiente tabulación.

Pasta	Blancura (porcentaje)		
	Inicial	Después de almacenarse 4 semanas	Después de almacenamiento más 1 hora a 105°
Grados			
Antes de la etapa al peróxido	84.4	81.0	76.4
Después de la etapa al peróxido	85.2	84.4	81.6

En el cuadro 9 se tabulan los valores de las resistencias físicas de la pasta blanqueada de la mezcla y de las pastas comerciales utilizadas en la preparación de los papeles experimentales. Estos datos indican que, con la excepción de una pequeña diferencia en la longitud de ruptura y en la resistencia al doble plegado, la pulpa experimental es esencialmente tan resistente en muchos aspectos como la pasta al sulfito sin blanquear.

Cuadro 8

Reactivos y condiciones de blanqueamiento de una mezcla de ocote  
 y pinabete rojo, <sup>1/</sup> Blanqueamiento 4427

Primera etapa: Cloración, 1.5 horas a 25°C y 3.6 por ciento de consistencia

Cloro suministrado . . . . .	por ciento	7.0
Cloro consumido . . . . .	por ciento	6.0
Acidez . . . . .	pH	1.8 - 1.6

Segunda etapa: Extracción, 1 hora a 50°C y 10.5 por ciento de consistencia

Sosa cáustica suministrada . . . . .	por ciento	2.0
Hipoclorito de sodio suministrado . . . . .	por ciento	1.0
Hipoclorito de sodio consumido . . . . .	por ciento	1.0
Alcalinidad . . . . .	pH	11.6 - 11.2

Tercera etapa: Hipoclorito, 3 horas a 37°C y 11.2 por ciento de consistencia

Cloro suministrado como hipoclorito de calcio. . . . .	por ciento	1.5
Cloro consumido . . . . .	por ciento	1.3
Alcalinidad . . . . .	pH	10.0 - 8.7
Blancura . . . . .	por ciento	84.4

Cuarta etapa: Peróxido <sup>2/</sup>, 3 horas a 60°C y 12.5 por ciento de consistencia

Peróxido de hidrógeno suministrado . . . . .	por ciento	0.50
Peróxido de hidrógeno consumido . . . . .	por ciento	0.12
Alcalinidad . . . . .	pH	10.8 - 10.3
Blancura . . . . .	por ciento	85.2
Rendimiento . . . . .	por ciento	91.0

<sup>1/</sup> Aproximadamente 100 lb. de cada una de las pastas al sulfato de ocote (cocciones Nos. 4231 y 4238) y de pinabete rojo (cocciones Nos. 4241 y 4242). Los porcentajes de los reactivos son sobre el peso de la pulpa cruda absolutamente seca.

<sup>2/</sup> El licor blanqueador contenía 0.03 por ciento de sal Epsom, 3 por ciento de solución de silicato de sodio (8.9% Na<sub>2</sub>O y 2.7% SiO<sub>2</sub>) y 0.5% de sosa cáustica.

## Cuadro 9

Resistencias <sup>1/</sup> de las pastas al sulfato, de ocote y de pinabete rojo y de  
pastas comerciales al sulfato blanqueada y al sulfato cruda

Tiempo de re- finado	Desgotado (Canadian Standard)	Resistencia al reventa- miento	Resistencia al desgarr- miento	Resistencia al doble plegado	Longitud de ruptura	Densidad de la hoja
(min)	(ml)	Puntos x libra x resma <sup>2/</sup>	g x lb x resma <sup>2/</sup>	doble plegado	(m)	g por cc
Pastas al sulfato blanqueadas, de ocote y pinabete rojo (blanqueamiento No. 4427)						
0	740	0.14	1.82	2	1 214	0.32
20	650	0.76	2.35	300	5 740	0.57
35	360	1.04	1.39	679	6 930	0.71
40	230	1.06	1.39	1 061	7 930	0.74
31	450	1.00	1.53	640	6 550	0.68
Pasta al sulfato blanqueada, de pino sureño (blancura 78 por ciento) embarque No. 4387						
0	720	0.23	1.91	7	2 420	0.48
15	630	0.80	2.06	485	6 140	0.62
25	500	1.03	1.70	828	7 880	0.71
30	380	1.09	1.54	1 100	8 400	0.75
35	250	1.14	1.38	1 219	9 020	0.78
28	450	1.06	1.62	950	8 100	0.73
Pasta al sulfato blanqueada, de pino sureño (blancura 67 por ciento) embarque No. 4386						
0	720	0.18	1.97	4	1 790	0.45
20	610	0.92	2.19	549	6 680	0.61
30	470	1.09	1.81	1 059	8 500	0.70
35	310	1.21	1.57	1 181	9 180	0.75
40	220	1.24	1.45	1 193	9 210	0.76
31	450	1.11	1.75	1 080	8 750	0.71
Pasta al sulfato cruda (blancura 52.6 por ciento), Embarque No. 4388						
0	740	0.09	0.87	...	1 590	0.55
15	670	0.37	1.90	18	3 910	0.68
30	520	0.64	1.36	190	6 300	0.75
45	240	0.83	1.11	543	7 430	0.85
37	450	0.73	1.25	270	6 800	0.77

<sup>1/</sup> Los valores a 450 ml. se han obtenido por interpolación.

<sup>2/</sup> La resma es de 500 hojas, de 25 x 40 pulgadas.

/Al comparar

Al comparar los valores del cuadro 9 con los del 7, se puede apreciar que la resistencia de la pasta experimental disminuyó de 20 a 30 por ciento al recibir el tratamiento de blanqueo. No hay ninguna explicación lógica al respecto, ya que se han blanqueado pastas al sulfato de "jack pine" (Pinus divaricata o Pinus banksiana) y de pino de Noruega (Pinus resinosa) hasta la misma blancura y por el mismo procedimiento sin pérdida de resistencia.

#### Fabricación del papel

Se hicieron investigaciones con las pulpas de ocote y de pinabete rojo para producir clases de papeles que varían desde el de envoltura y para bolsas hasta los papeles finos, con especial atención a los papeles de diario. Por lo general, solamente se llevaron a cabo dos ensayos con cada clase de papel, pero no siempre se hicieron en las condiciones óptimas. Los procedimientos seguidos en el tratamiento de las pastas en las pilas holandesas y en los refinadores "jordan", y las cantidades de resina y de carga agregadas estuvieron basadas en trabajos anteriores, por lo que sólo se hizo un pequeño estudio de estas variables con las pulpas en cuestión.

Las pulpas se trataron, o se mezclaron, en una pila de 50 lb de capacidad a una consistencia de cerca de 3.5 por ciento. Los papeles se hicieron en la máquina experimental de 13" (33.0 cm) del laboratorio. En pulpas que contenían resina y carga se bajó el valor del pH a 6.0 con ácido sulfúrico, la resina o la carga agregados, y se ajustó el pH a 5 con sulfato de alúmina. Se mantuvo este mismo pH en las aguas blancas de la máquina agregando continuamente una solución de sulfato de aluminio durante la fabricación.

La consistencia de la pulpa en el tanque de la máquina era de 2 por ciento más o menos, y se diluyó a 0.5 por ciento en la caja de recepción de la máquina con agua blanca. Se tomaron muestras de la caja de recepción para determinar el filtrado. El agua extraída por las cajas de succión se eliminó.

### Papel de diario

Se hicieron 30 ensayos en la máquina de papel para valorar las pastas mecánicas de ocote y de pinabete rojo para la producción de papel de diario. Veintiocho de los ensayos se hicieron con las pastas mecánicas mezcladas con tres pastas químicas comerciales y dos, con las pastas mecánicas y al sulfato de ocote y pinabete rojo para determinar las posibilidades de producir papel de diario totalmente con estas maderas.

La calidad del papel de diario experimental se juzgó comparando con valores promedio obtenidos de papeles comerciales producidos en Norteamérica, y con valores promedio obtenidos de dos papeles de diario hechos en la máquina experimental con pastas mecánica y al sulfato de pino sureño de los Estados Unidos, producidos comercialmente. Estos datos se presentan en el cuadro 10.

Se agregó cerca de 0.5 por ciento de resina a la pulpa en todos los ensayos. Se operó a una velocidad de 80 pies / minuto (24.4 m/min) en la máquina de las pruebas. En algunos casos se agregó caolín como carga. Se calandraron todos los papeles. En la mayoría de los ensayos, el calandrado consistió en pasar la hoja entre los 7 rodillos de la calandria, con una presión ligera agregada. No se obtuvieron señales de que la hoja se pegara a la tela de la máquina, o a los rodillos de las prensas; y todas las pulpas se trabajaron bien en la máquina.

Se usaron dos pastas comerciales al sulfato blanqueadas de pino sureño, diferenciadas principalmente por su grado de blancura, y una pasta comercial al sulfato sin blanquear de coníferas para mezclarlas con las pastas mecánicas.

En los experimentos se compararon las pastas mecánicas, sin blanquear y blanqueadas, de ocote y de pinabete.

### Papel de diario de pino sureño con un contenido de pasta al sulfato de baja blancura

La pasta al sulfato empleada en estos ensayos fué una de tipo para papel de diario con una blancura de 67 por ciento comunmente denominada "semiblanqueado". Las primeras pruebas (5043, 5044, y 5045, cuadro 10), se hicieron con pulpas que contenían 75 por ciento de pasta



Cuadro 10

Datos sobre los papeles de diario hechos con pastas mecánicas de ocote y pinabete rojo y pasta al sulfato blanqueada (baja blancura)

No. de ensayo	Desgote Pasta en la ca- de má- quina	Desgote mecá- nica	Desgote en la ca- ja de re- cepción (Can. Std)	Peso		Propiedades												
				Resma	m <sup>2</sup>	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Blancura	Penetración	Permeabi-	Geni-					
1/	2/	(%)	3/	(lb.)	(g)	Espe- sor	Densi- dad	al reventa- miento	media al des- garramiento	media a la tensión	media al do- ble plegado (M.I.T.)	(EQUIVA- lente G.E.)	Opacidad	por el acei- te de ricino	lidad al aire (Gurley)	zas		
		(%)	(ml.)	(lb.)	(g)	(0.001 (g x de " cc.)	(pur- puntos x lb x rm	(g) resma)	(g x lb.)	(lb. x pulga- da de ancho)	(Doblez plegado)	(%)	(%)	(seg)	(seg. x 100 cc.)	(%)		
Pasta mecánica sin blanquear, de ocote (ensayo de desfibramiento No. 1174)																		
5043	4/	75	70	36.8	51.8	3.8	0.54	12.6	0.35	29.8	0.82	11.5	23	51.5	84.0	184	135	-
5044	4/	75	70	37.3	52.4	3.8	0.54	11.4	0.31	32.7	0.88	10.8	18	61.4	82.5	172	111	-
5045	4/	75	65	38.7	54.5	4.0	0.54	11.3	0.29	33.5	0.88	10.0	14	64.5	86.3	171	105	4.2
Pasta mecánica sin blanquear, de ocote (ensayo de desfibramiento No. 1175)																		
5060	75	115	115	37.5	52.8	3.9	0.53	11.1	0.29	31.7	0.84	9.9	10	49.8	87.7	78	44	-
5077	80	115	115	37.7	53.0	3.7	0.56	8.6	0.23	30.5	0.81	7.9	5	50.5	88.0	65	38	-
Pasta mecánica blanqueada de ocote (ensayo de desfibramiento 1175, blanqueamiento 4379)																		
5063	80	140	140	37.8	53.1	3.7	0.57	10.0	0.26	32.4	0.86	7.9	7	62.7	82.5	68	31	-
5063	5/	80	140	38.2	53.8	3.7	0.57	9.4	0.25	33.2	0.87	7.5	6	65.0	85.6	60	28	4.7
Pasta mecánica sin blanquear de pinabete rojo (ensayo de desfibramiento 1176)																		
5061	80	120	120	37.3	52.5	3.7	0.56	12.1	0.33	29.6	0.81	10.9	13	52.8	84.9	70	63	-
Pasta mecánica blanqueada de pinabete rojo (ensayo de desfibramiento 1176, blanqueamiento 4380)																		
5064	80	135	135	37.1	52.2	3.6	0.57	10.7	0.29	31.8	0.85	9.3	9	62.7	82.8	58	44	-
Valores promedios del papel periódico estadounidense																		
-	-	-	-	38.0	53.4	3.3	0.64	9.5	0.22	20.5	0.54	8.4	-	58.3	90.8	50	52	-
Valores promedios de dos papeles hechos en la máquina experimental con pastas mecánicas y al sulfato comerciales de pino sureño (ensayos 3707 y 3715)																		
-	-	95	95	37.8	53.2	3.9	0.54	5.7	0.15	24.5	0.65	5.5	1	58.5	88.3	34	15	"

1/ Se agregó 0.5 por ciento de cola a la pulpa, en la pila

2/ La parte complementaria consistió en una pasta comercial al sulfato de pino sureño con una blancura de 67 por ciento (embarque No. 4386)

3/ La resma es de 500 hojas, de 25 x 40 pulgadas.

4/ Las pulpas de estos ensayos se sometieron a un ligero tratamiento en un "jordan".

5/ Contiene 5 por ciento de caolín como carga.

/mecánica de

mecánica de ocote (de la cocción 1174) y 25 por ciento de la pasta de fibras largas. Se refinó separadamente la pasta al sulfato hasta un filtrado de 495 ml para favorecer una mayor fuerza de unión de las fibras, y luego se mezcló con las pastas mecánicas. Los papeles obtenidos presentaron una resistencia elevada pero su opacidad fue pequeña y su textura y apariencia distintas a las de los papeles de diario ordinarios. Se consideró que la consistencia y el "tronido" ("rattle") del papel se debieron al bajo filtrado (desgote) de la pasta mecánica de ocote. En los ensayos subsiguientes se emplearon pastas mecánicas con filtrado más comparables a los comerciales. El papel del ensayo No. 5060, en el que se empleó la pasta mecánica con mayor filtrado, tuvo cualidades más aceptables. Su resistencia física fue superior a la del papel de diario comercial aunque su opacidad se mantuvo todavía baja. Se consideró que la proporción de pasta mecánica podría aumentarse a 80 por ciento para mejorar la opacidad sin disminuir mucho la resistencia.

Como consecuencia de lo anterior, los ensayos restantes se hicieron solamente con un 20 por ciento de pasta química. Para estos ensayos se procesó la pasta al sulfato a un filtrado más alto (575 ml) al de los ensayos anteriores, tratando de producir una hoja más suave. Los papeles hechos con pasta mecánica de ocote presentaron una resistencia al reventamiento comparable a la de los comerciales, y una resistencia al desgarramiento un poco más elevada. Los papeles hechos con pinabete presentaron resistencias más altas en todos los aspectos que los hechos con ocote, con excepción de la resistencia al desgarramiento.

Los papeles experimentales preparados con pastas mecánicas sin blanquear resultaron más oscuros que los comerciales ordinarios. Cuando se usó pasta mecánica blanqueada (pruebas 5062, 5063 y 5064), todos los papeles presentaron blancuras superiores a los comerciales. Todos los papeles experimentales tuvieron en cambio opacidades bajas, que al hacer que se transparentara la impresión podrían ser objetables. El incremento del contenido de pasta mecánica a 80 por ciento no mejoró apreciablemente la opacidad. Los papeles que contienen pasta mecánica blanqueada presentan opacidades inferiores a los correspondientes con pasta sin blanquear. Los papeles

/con pasta

con pasta mecánica de ocote tuvieron aproximadamente 3 por ciento puntos más que los papeles de pinabete rojo. También presentaron una porosidad y absorbencia mayores comprobadas por la permeabilidad al aire y la resistencia a la penetración del aceite de ricino.

Una hoja a la cual se le agregó 5 por ciento de caolín (ensayo 5063) presentó una opacidad 3 por ciento puntos más alta que la de una hoja comparable sin carga (ensayo 5062).

Papel de diario de pino sureño con un contenido de pasta al sulfato de blancura moderada

Se fabricó una serie de papeles de diario con una pasta al sulfato blanqueada, de pino sureño, de características más apropiadas para la producción de papeles blancos de impresión que para la manufactura de papel de diario. Su blancura de 78 por ciento, era considerablemente superior a la de 67 por ciento usada en la primera serie de pruebas. Uno de los propósitos perseguidos al usar esta pasta fue determinar si podría combinarse satisfactoriamente con la pasta mecánica sin blanquear.

De la misma manera que en la pasta al sulfato de blancura baja se compararon las diferentes pastas mecánicas en pulpas que contenían 20 y 25 por ciento de la pasta al sulfato. La pasta química se refinó separadamente hasta un filtrado de 600 ml. Los resultados de esta serie se presentan en el cuadro 11.

Los papeles obtenidos no resultaron más blancos que los correspondientes hechos con la pasta química menos blanca, y como además fueron más débiles, se consideró que no se tendría ventaja alguna al usar pasta química de esta blancura.

Los papeles de esta serie presentaron resistencias tan altas, --y algunas veces superiores-- como el promedio de los dos papeles de diario experimentales hechos con pastas comerciales, mecánica y al sulfato, de pino sureño (cuadro 10). Los papeles que se hicieron con pastas mecánicas sin blanquear, aunque de blancura deficiente, presentaron opacidades comparables a las de los papeles de diario de pino sureño.

Las diferencias en las resistencias físicas entre los papeles de ocote y pinabete rojo de esta serie, no resultaron tan marcadas como en

Cuadro 11

Datos sobre los papeles de diario hechos con pastas mecánicas de ocote y pinabete rojo, y pasta al sulfato blanqueada (blancura moderada)

No. de ensayo	Desgotado Pasta en la caja de recepción (Can. Std)	Peso		Propiedades										Penetración por el aceite de ricino (seg)	Permeabilidad al aire (Gurley) (seg. x 100 cc.)	Cenizas (%)	
		Resma	m <sup>2</sup>	Resistencia al reventamiento	Resistencia media al desgarramiento	Resistencia media a la tensión	Resistencia media al doblado plegado	Blancura (Equivalente G.E.)	Opacidad	Resistencia al reventamiento (puntos x lb x rm)	Resistencia media al desgarramiento (g x lb. / x resma)	Resistencia media a la tensión (lb. x pulg. de ancho)	Doblez plegado				
1/	2/	3/	(g)	Espe- sor	Densi- dad	(0.001 de ")	(g x cc.)	(pun- tos)	(puntos x lb x rm)	(g)(g x lb. / x resma)	(lb. x pulg. de ancho)	(Doblez plegado)	(%)	(%)	(seg)	(%)	(%)
Pasta mecánica sin blanquear, de ocote (ensayo de desfibramiento No. 1174)																	
5046	4/ 75	65	37.4	52.6	3.7	0.56	12.3	0.33	25.9	0.70	11.0	18	51.7	84.9	160	113	-
Pasta mecánica sin blanquear, de ocote (ensayo de desfibramiento No. 1175)																	
5065	80	125	37.9	53.3	3.1	0.68	6.4	0.17	20.8	0.55	5.3	2	50.8	88.6	65	59	-
Pasta mecánica blanqueada, de ocote (ensayo de desfibramiento No. 1175, blanqueamiento 4379)																	
5068	80	110	37.4	52.6	3.1	0.67	6.1	0.16	23.8	0.63	6.1	4	62.8	82.9	67	51	-
5069	5/ 80	110	37.3	52.5	3.7	0.56	9.5	0.25	28.8	0.76	7.6	5	62.6	83.1	62	43	-
Pasta mecánica sin blanquear, de pinabete rojo (ensayo de desfibramiento No. 1176)																	
5066	80	110	37.5	52.8	2.9	0.72	5.1	0.14	20.9	0.56	5.8	3	52.7	86.0	118	117	-
5067	6/ 80	110	37.0	52.0	3.3	0.62	8.1	0.22	22.6	0.61	7.5	7	56.0	87.8	164	81	4.5
Pasta mecánica blanqueada, de pinabete rojo (ensayo de desfibramiento No. 1176, blanqueamiento 4380)																	
5070	80	120	37.0	52.0	3.2	0.64	6.7	0.18	23.4	0.63	5.8	4	63.1	82.6	66	67	-
5071	5/ 80	120	36.9	51.9	3.7	0.55	10.3	0.28	27.8	0.76	6.5	7	62.9	82.4	80	49	-
Pasta mecánica blanqueada, de ocote (ensayo de desfibramiento 1174, blanqueamiento 4375)																	
5047	4/ 75	80	37.9	53.3	3.8	0.55	11.7	0.30	31.9	0.83	10.7	20	61.9	83.4	150	106	-
Mezcla de partes equiponderantes de pastas mecánicas de ocote y pinabete rojo (desfibramientos Nos. 1175 y 1176)																	
5148	75 7/ 7/	100	39.0	54.9	3.5	0.62	7.4	0.19	29.0	0.74	7.9	6	50.3	87.7	66	56	-
5149	4/ 75 7/ 7/	80	39.4	55.4	3.3	0.66	7.3	0.19	25.6	0.65	8.3	6	49.6	87.9	98	110	-

1/ Se agregó 0.5 por ciento de cola a la pulpa, en la pila  
 2/ A no ser que se indique otra cosa, la parte complementaria de la pulpa consistió en una pasta comercial al sulfato de pino sureño con una blancura de 78 por ciento (embarque 4387)  
 3/ La resma es de 500 hojas, de 25 x 40 pulgadas.  
 4/ Las pulpas de estos ensayos se trataron ligeramente en un "jordan".  
 5/ Se dió un grado de calandrado menor que en la mayoría de los ensayos.  
 6/ Contiene 5.0 por ciento de caolín como carga.  
 7/ La parte complementaria de la pulpa consistió en pasta al sulfato blanqueada de ocote y pinabete rojo (blanqueamiento 4427)

la serie anterior. Como se anotó anteriormente, los papeles de ocote resultaron ligeramente más opacos que los de pinabete rojo, pero no tan blancos.

Papel de diario de conífera hecho  
con pasta al sulfito sin blanquear

En otra serie de ensayos, 10 en total, se mezcló a la pasta mecánica experimental una pasta comercial al sulfito sin blanquear como componente de fibras largas. Se refinó una cierta cantidad de la pasta al sulfito hasta un filtrado de 675 ml, y se hicieron varias mezclas con la pasta mecánica. Como en los casos anteriores, ésta representó el 75 y el 80 por ciento de la pulpa. Los resultados obtenidos con estos papeles aparecen en el cuadro 12.

Todos los papeles de esta serie resultaron menos consistentes que los hechos con la pulpa al sulfato de baja blancura; pero no se encontró gran diferencia en resistencia con los fabricados con la pasta al sulfato de blancura moderada. Por lo general, los papeles fabricados con pinabete rojo fueron más resistentes que los preparados con ocote; pero éstos, como ya se dijo, tuvieron más opacidad.

La blancura de las hojas fué comparable a la observada en las series anteriores aunque permaneció siempre por debajo de la estándar de no utilizarse pasta mecánica blanqueada, caso en el que disminuyó la opacidad.

Para observar el efecto de las cargas sobre la opacidad, se agregó un 5 por ciento de caolín a la pulpa que contenía pasta mecánica cruda de pinabete. Estas hojas (ensayo 5074) mostraron la opacidad más elevada de todos los papeles experimentales producidos. Su blancura se acercó al valor promedio que tienen los papeles comerciales.

Como todos los papeles preparados con un 20 por ciento de pasta química presentaron menos resistencia de la deseable, se hicieron ensayos con pulpas conteniendo un 25 por ciento de celulosa. No se obtuvo el aumento de resistencia esperado. A algunas de estas pulpas se les dió un tratamiento adicional con el "jordan" pero no mejoraron sus propiedades.

Papel de diario hecho enteramente con  
pulpas de ocote y de pinabete rojo

Se hicieron dos ensayos para demostrar la posibilidad de producir papel periódico a partir solamente del Pinus occarpa. En estas pruebas la proporción de cada una de las dos pastas mecánicas sin blanquear fue de 37.5 por ciento. El 25 por ciento de pasta al sulfato blanqueada se había preparado previamente para la producción de papel blanco, hecho al que se hará referencia más adelante. Esta pasta se hizo con partes iguales de las dos maderas. Antes de agregarla a la mezcla de pastas mecánicas, se refinó a un grado de desgote de 530 ml.

Estos papeles (ensayos 5148 y 5149) se diferencian solamente en la cantidad de tratamiento dado a la pulpa (cuadro 13). La pulpa para el primer ensayo no se pasó por el "jordan". La usada en la segunda prueba se sometió a un ligero refinamiento en el "jordan" buscándose aumentar la resistencia al reventamiento; el tratamiento, empero, no tuvo más que un efecto muy pequeño sobre las propiedades del papel, con la excepción de una ligera disminución en la resistencia al desgarramiento (cuadro 11). Estos papeles experimentales pueden compararse en resistencia a los papeles de diario comerciales ordinarios (anotados en el cuadro 10), excepto en lo referente a la resistencia al reventamiento, que es un poco inferior. La blancura, como en los otros papeles hechos con esta pasta mecánica cruda, resultó baja.

Papel para bolsas y para envoltura

Se hicieron tres cocciones al sulfato en la planta piloto para obtener pasta para la producción de papeles para envoltura y bolsas oscuras. Se hizo una cocción con cada una de las maderas, y una tercera con proporciones iguales de astillas de las dos maderas. Estas pastas, ya descritas, tuvieron un número de permanganato más alto que las pastas no blanqueadas destinadas al blanqueo. Se preparó una pasta que contenía 50 por ciento de pasta de pinabete y 50 por ciento de ocote mezclando partes iguales de las tres pastas. Los procedimientos seguidos para preparar la pulpa para estos ensayos se dan en el cuadro 13, así como las condiciones pertinentes de la máquina. En todas las pruebas se agregó

Cuadro 12

Datos sobre los papeles de diario hechos con pastas mecánicas de ocote y pinabete rojo, y pasta al sulfito  
cruda de conífera

No. de ensayo	Desgotado Pasta en la ca- de má- mecá- ja de re- quina nica cepción 1/ 2/ (Can.Std)	Peso		Propiedades													
		Resma 3/	m <sup>2</sup>	Resistencia			Resistencia			Resistencia		Blancura (Equivalen- te G.E.)	Penetra- ción por el aceite de ricino	Permeabi- lidad al aire (Gurley)	Ceni- zas		
				Espe- sor (0.001 de ")	Densi- dad (g. x cc)	al reventa- miento (puntos x lb x rm)	media al des- garramiento (g)(g x lb x resma) <sup>2/</sup>	media a la tensión (lb x pulg de ancho)	media al do- ble plegado (Doblez plegado)	Opacidad	(seg x 100 cc)					(%)	
Pasta mecánica sin blanquear de ocote (desfibramiento 1175)																	
5072	80	125	37.8	53.1	3.5	0.60	5	0.13	19.1	0.50	5.5	2	50.6	89.6	92	47	-
Pasta mecánica blanqueada, de ocote (desfibramiento 1175, blanqueamiento 4379)																	
5075	80	120	37.1	52.2	3.6	0.57	6.3	0.17	23.8	0.63	5.9	3	61.7	85.8	58	33	-
5091	75	-	37.7	53.0	3.5	0.60	5.8	0.15	23.7	0.63	5.6	3	59.4	85.9	51	36	-
5092	4/ 75	110	37.4	52.6	3.3	0.63	4.2	0.11	23.5	0.62	5.7	3	58.6	85.5	57	50	-
Pasta mecánica sin blanquear de pinabete rojo (desfibramiento 1176)																	
5073	80	125	37.4	52.6	3.3	0.63	5.3	0.14	21.2	0.55	6.1	3	52.2	87.6	120	57	-
5074	5/ 80	130	38.3	53.9	3.3	0.64	5.3	0.14	22.0	0.56	5.1	2	55.9	90.0	71	49	4.5
5093	75	135	37.7	53.0	3.4	0.64	5.0	0.14	23.0	0.62	8.1	5	51.7	88.3	55	56	-
Pasta mecánica blanqueada de pinabete rojo (desfibramiento 1176, blanqueamiento 4380)																	
5076	80	110	37.0	52.0	3.4	0.60	7.6	0.21	23.8	0.65	7.3	4	62.1	84.8	78	36	-
5089	75	-	39.4	55.4	3.4	0.64	5.7	0.14	25.4	0.64	6.5	3	60.1	86.6	58	52	-
5090	4/ 75	115	39.4	54.8	3.3	0.65	6.6	0.17	24.7	0.63	6.6	3	59.8	85.4	73	72	-

1/ Se agregó 0.5 por ciento de cola a la pulpa, en la pila.

2/ La parte complementaria de la pulpa consistió en una pasta al sulfito cruda, de conífera (embarque 4388)

3/ La resma es de 500 hojas, de 25 x 40 pulgadas.

4/ Las pulpas de estos ensayos se sometieron a un ligero tratamiento en un "jordan".

5/ Se agregó 5.0 por ciento de caolín como carga.

Especificaciones en el refinado y en la máquina de papel utilizadas en la preparación de los papeles a partir de pastas al sulfato de ocote y de pinabete rojo

No. de ensayo de máquina	Clase de papel	Especificaciones					Especificaciones de la máquina de papel									
		Refinado		Desgote (Canadian standard) (ml)	Encola do con resina (%)	Carga (caolín) (%)	Presión en el "jordan" (lb)	Caja de recepción		Velocidad de la máquina (pies por minuto)	Presión en las prensas húmedas (manométrica)			Calandrado		Presión (Manom.) (p.s.i.)
		(min)	(gradc)					Consistencia (%)	Desgote (Can.Std.) (ml)		Primera prensa (p.s.i.)	Segunda prensa (p.s.i.)	Tercera prensa (p.s.i.)	Líneas de contacto	Rodillos	
Papeles hechos con pasta al sulfato sin blanquear de ocote y pinabete rojo <sup>1/</sup>																
5112	Papel de bolsas	60	muy ligero	505	1	-	-	-	450	52	4	24	28	3	6	0
5112	" "	30	mediano	505	1	-	-	-	450	52	4	24	28	3	6	0
5113	" "	30	"	505	1	-	5	0.38	340	52	4	37	30	3	6	0
5114	" "	30	"	505	1	-	15	0.37	300	52	4	37	30	3	6	0
5115	" "	30	" <sup>2/</sup>	450	1	-	-	-	-	75	4	30	28	3	6	0
5116	" "	30	"	450	1	-	27	-	-	75	5	30	28	3	6	0
5117	" "	30	"	450	1	-	33	0.26	150	75	5	30	28	-	-	-
5118	Papel envoltura	50	ligero	500	1	-	-	-	-	60	6	40	34	3	6	0
5118	" "	65	mediano	500	1	-	-	-	-	60	6	40	34	3	6	0
5119	" "	65	"	500	1	-	25	0.48	280	60	6	40	34	3	6	0
Papeles hechos con pasta al sulfato blanqueada de ocote y pinabete rojo <sup>3/</sup>																
5130	Bond aéreo	60	ligero	240	1	10 <sup>4/</sup>	10	0.21	100	60	6 <sup>5/</sup>	-	-	3	6	18
5130	" "	85	mediano	240	1	10 <sup>5/</sup>	10	0.21	100	60	6 <sup>5/</sup>	-	-	3	6	18
5131 <sup>6/</sup>	" "	85	"	240	1	10 <sup>4/</sup>	18	0.34	25	60	12 <sup>5/</sup>	-	-	3 <sup>c</sup>	6	18
5132	Papel envoltura	90	ligero	450	1	-	-	-	-	60	4	42	34	3	6	0
5132	" "	30	mediano	450	1	-	-	-	-	60	4	42	34	3	6	0
5133 <sup>7/</sup>	" "	30	"	450	1	-	20	0.42	205	60	4	42	34	3	6	0
5134 <sup>7/</sup>	Papel bond	90	ligero	410	1	10	-	0.33	335	60	6	42	37	3	6	0
5134 <sup>7/</sup>	" "	20	mediano	410	1	10	-	0.33	335	60	6	42	37	3	6	0
5135 <sup>7/</sup>	" "	20	"	410	1	10	25	0.33	35	60	6	42	37	3	6	0
5136	Tisú blanco	115	ligero	445	-	-	-	-	-	52	12 <sup>8/</sup>	-	-	1	6	18
5137	" "	115	"	445	-	-	8	-	20	52	12 <sup>8/</sup>	-	-	1	6	18
5138 <sup>8/</sup>	Papel bond	115	"	445	1	20	5	0.49	195	73	6	40	28	1	6	18
5148	Papel de diario	60	"	530	0.5	-	-	0.58	100	75	6	23	23	6	6	15
5149	" "	60	"	530	0.5	-	7	0.58	80	75	6	23	23	6	6	15

<sup>1/</sup> Partes iguales de ocote y pinabete rojo (cociones 4230, 4236, 4237).<sup>2/</sup> La pulpa se refinó en la pila 30 min. a 2% de consistencia y luego se pasó dos veces por dos jordanas conectadas en serie: la primera vez con una presión de 25 p.s.i. manométricas en cada jordan, y la segunda vez con 20 p.s.i. manométricas en cada uno.<sup>3/</sup> Partes iguales de ocote y pinabete rojo (cociones 4231, 4238, 4241, 4242; blanqueamiento 4427).<sup>4/</sup> Se agregó a la pulpa 5% de óxido de titanio.<sup>5/</sup> Se usó un pick-up para pasar la hoja por los secadores.<sup>6/</sup> Se agregó 15% de una pasta mecánica blanqueada de abeto y álamo (ombarque 4312) a la pulpa restante del ensayo de máquina 5130.<sup>7/</sup> Se usó recorte seco de papel del ensayo de máquina 5133 en una cantidad equivalente al 20% de la pasta.<sup>8/</sup> Se usaron recortes secos de papel de los ensayos de máquina 5130, 5134 y 5135 en una cantidad equivalente al 45% de la pasta.

/1 por ciento



l por cierto de resina de encolado a la pulpa en las pilas y se ajustó el pH con ácido y sulfato de alúmina. En el cuadro 14 se dan las propiedades de los papeles.

#### Papel para bolsas

Se produjo papel para bolsas con papel cuyo peso por metro cuadrado fue de 35 y 70 gramos. En las primeras pruebas se refinó la pulpa lentamente en la pila hasta un filtrado de 505 ml , con la intención de mantener una resistencia elevada. El primer papel (ensayo 5112) mostró una resistencia alta al desgarramiento; pero sus resistencias a la tensión y al reventamiento fueron ligeramente deficientes. La hoja no se formó muy bien y tendía hacia una textura abierta, como indicó la baja permeabilidad al aire. Se hicieron dos ensayos subsecuentes variando la presión en el "jordan" en un esfuerzo para producir hojas menos abiertas. Estos dos papeles (ensayos 5113 y 5114) fueron comparables en casi todos los aspectos y presentaron resistencias al reventamiento y a la tensión y permeabilidad al aire mayores que las del papel sin refinamiento en el "jordan"; pero se obtuvo una reducción apreciable en la resistencia al desgarramiento. A pesar de que las hojas parecían menos abiertas, como se deduce del valor elevado de la permeabilidad al aire, aparentemente no se presentaron cambios en las características de la formación.

De trabajos anteriores con otras pastas de fibras largas, se tienen indicaciones de que con un refinado corto en la pila seguido de varias pasadas por el "jordan" (que equivalen a una batería en serie de "jordanes"), se produce una fibra más cortada, y consecuentemente, hojas con mejor formación. Se hizo esta prueba en los ensayos subsecuentes de papel para bolsas. Los papeles que se obtuvieron en esta forma, aunque resultaron mejores en cuanto a formación, acusaron mayor debilidad en todas las resistencias, (ensayos 5115 y 5116).

La pulpa tratada con se indica más arriba se usó también para hacer un papel ligero de bolsas. Estas hojas (ensayo 5117) fueron menos consistentes de lo deseable y resultaron también poco resistentes. Se obtuvo una formación regular.

Aunque los papeles experimentales para bolsas no alcanzaron las normas especificadas en los Estados Unidos para este tipo de papel, las pruebas demostraron que se podrían obtener un papel satisfactorio tratando debidamente la pulpa. La adición de una pequeña cantidad de pastas de fibra corta, como la hecha a partir de latifolias, proporcionará, sin lugar a dudas, una hoja más uniforme, con mejores características de porosidad al aire y, probablemente, con un mejoramiento de ciertas resistencias.

#### Papel para envolver

Los ensayos para obtener papel de envoltura se hicieron con una pasta al sulfato refinada a 500 ml. El primer papel (ensayo 5118) tuvo buena resistencia al desgarramiento; pero las resistencias al reventamiento y al doble plegado fueron bajas. La formación fue regular. El siguiente ensayo (5119) se hizo con pulpa sujeta a un tratamiento en el "jordan" que mejoró la resistencia al reventamiento y al doble plegado. Sin embargo, el papel no tenía todavía la resistencia al reventamiento suficiente para alcanzar las especificaciones para papel de envoltura de grado B de la Especificación Federal UU-P-268c <sup>3/</sup>. Para clasificarse como este tipo de papel de envoltura, una hoja de este peso debería tener una resistencia al reventamiento de cuando menos 42 puntos. Es posible obtener un papel que llene este requisito si se estudian las variantes de las condiciones de la cocción, del refinamiento, o del uso de aditivos químicos.

#### Papeles blancos

Se hicieron cuatro tipos de papeles blancos con una pasta al sulfato blanqueada, producida con partes iguales de astillas de ocote y de pinabete rojo. Todos los ensayos, excepto uno, se hicieron con un 100 por ciento de esta pasta. La excepción fue un papel bond aéreo, al que se le agregó una pequeña cantidad de pasta de fibras más cortas con la idea de mejorar la formación de la hoja. En el cuadro 15 se presenta la información correspondiente al tratamiento dado a la pasta y, a las condiciones de la máquina. Los resultados de las pruebas hechas a estos papeles aparecen igualmente en el cuadro 15.

<sup>3/</sup> General Services Administration. Paper, Kraft, Wrapping. Federal Specification UU-P-268c. Sup. of Documents, U.S. Government Printing Office, Washington 25, D.C.

Datos de los papeles morenos de envoltura y de bolsas hechos de pasta al sulfato de ocote y pinabete rojo

Propiedades												
Número de Ensayo de máquina <u>1/</u>	Peso		Espe- sor (0.001 pulg.)	Densi- dad (g x cc)	Resistencia al reventamiento		Resistencia media al desgarramiento (g)	Resistencia media a la tensión (lb x pulg de ancho)	Alargamiento promedio (porciento)	Resistencia al doble (M.I.T.) plegado. (dobles pliegues)	Permeabilidad al aire (Gurley) (seg. x 100 cc)	
	Resma <u>2/</u> M <sup>2</sup>	(lb)			(g)	(puntos)						(puntos x lb x resma <u>2/</u> )
<u>Papeles para bolsas</u>												
5 112	50.1	70.4	4.1	0.68	28.4	0.57	132.6	2.65	19.6	1.5	258	9
5 113 <u>3/</u>	50.0	70.2	4.0	0.69	31.6	0.62	101.8	2.06	22.8	2.0	336	69
5 114 <u>3/</u>	50.4	70.8	3.9	0.72	30.6	0.62	105.6	2.08	23.2	2.1	353	68
5 115	50.0	70.2	4.0	0.69	22.9	0.44	109.0	2.16	18.9	2.0	188	18
5 116 <u>3/</u>	50.9	71.6	4.0	0.71	26.7	0.52	100.6	1.96	22.0	1.8	260	62
5 117 <u>3/</u>	25.2	35.4	2.7	0.52	10.4	0.39	37.0	1.43	9.2	0.8	240	7
<u>Papeles para envoltura</u>												
5 118	69.0	97.0	5.1	0.75	26.6	0.38	103.2	1.47	22.0	1.5	68	33
5 119 <u>3/</u>	69.9	98.3	5.0	0.77	32.5	0.44	103.4	1.45	25.2	1.5	123	85

1/ Véanse en el cuadro No. 13 las condiciones de operación en la pila, el "jardán" (purificador) y la máquina de papel; así como algunos otros datos adicionales de la pulpa.

2/ La resma es de 500 hojas, de 25 x 40 pulgadas.

3/ Pulpa sujeta a tratamiento en el "jardán".

Datos concernientes a los papeles blancos hechos con pasta al sulfato blanqueada de ocote y Pinabete rojo

No. de ensayo de máquina	Peso		Espesor (0.001 pulg.)	Densidad (g x cc)	Resistencia al reventamiento (puntos x lb x resma)		Resistencia media al desgarramiento (g x lb x resma) 2/ (g)	Resistencia media a la tensión (lb x pulg. de ancho)	Resistencia media al doble plegado (M.I.T.) (dobles pliegues)	Blancura (equivalente G.E.) (%)	Opacidad (%)	Penetración por el aceite de ricino (seg.)	Permeabilidad al aire (Gurley) (Seg. x 100 cc)	Cenizas (%)	
	Resma 1/ (lb)	M <sup>2</sup> (g)													
PAPEL BOND															
5 134 3/	54.0	75.8	3.5	0.85	18.9	0.36	77.2	1.47	17.4	98	85.4	74.6	79	53	5.9
5 135 3/4/	55.1	77.4	3.4	0.90	20.9	.37	73.0	1.31	17.7	116	85.8	79.0	283	315	7.6
5 138 4/5/	55.6	78.1	3.7	0.83	17.3	.32	75.6	1.36	15.5	48	87.0	83.5	119	116	11.2
PAPEL BOND TIPO AEREO															
5 130 4/	17.6	24.7	1.4	0.69	2.6	0.15	15.3	0.87	2.6	-	87.8	59.2	30	-	9.7
5 131 4/6/	19.5	27.4	1.3	0.83	3.4	0.17	9.3	0.48	4.2	6	85.7	72.8	479	187	13.6
PAPEL TISU BLANCO															
5 136	16.4	23.1	1.6	0.57	4.6	0.29	22.7	1.41	3.0	-	-	-	-	-	-
5 137 4/	14.0	19.7	1.1	0.70	6.2	0.41	8.0	.56	4.1	-	-	-	-	-	-
PAPEL DE ENVOLTURA															
5 132	69.4	97.7	4.9	.78	38.5	0.54	127.6	1.80	27.3	249	-	-	-	84	-
5 133 4/	70.2	98.5	4.9	.79	38.0	0.54	112.0	1.58	29.7	311	-	-	-	179	-

1/ Véanse en el cuadro 13 las condiciones de operación en la pila, el "jordan" (purificador) y la máquina de papel; así como algunos otros datos adicionales de la pulpa.

2/ La resma es de 500 hojas de 25 x 40 pulgadas.

3/ Se empleó en la pulpa un 20% de recorte de papel producido en el ensayo 5133, y se agregó un 10% de caolín como carga.

4/ Pulpa tratada en el "jordan".

5/ Se empleó en la pulpa un 45% de recorte de los papeles hechos en los ensayos 5130, 5134 y 5135 y aproximadamente 20% de caolín basado en el peso total de la pulpa agregada.

6/ Se agregó a la pulpa que quedaba del ensayo de máquina No. 5130 una pasta mecánica comercial de abeto y álamo para dar un contenido de pasta mecánica de 15% basado en el peso total de la pulpa.

### Papel bond (papel para escribir)

El primer papel bond experimental producido (ensayo 5134) tuvo resistencias físicas regulares; pero carecía de la textura y apariencia de un papel bond de buena calidad. Era más bien transparente por su poca opacidad. La resistencia al reventamiento se mejoró tratando la pulpa en refinados "jordan", lo cual permitió obtener un papel (ensayo 5135) con cerca de 1 punto por libra por resma (17" x 22", 500 hojas) considerado necesario en un papel bond de primera calidad. El cambio en la permeabilidad al aire muestra que la acción del "jordan" cierra la hoja. También mejoró sus cualidades retentivas de caolín, como se indica en su contenido de cenizas y en su opacidad, que son más altos.

El ensayo 5138, en el que se usó 45 por ciento de recorte de papel seco, dió papeles con características más típicas de un papel bond de buena calidad; presentó sin embargo, una pequeña deficiencia en la resistencia al reventamiento. Esto podría mejorarse, probablemente, refinando más la pulpa, o mediante el uso de encolantes o revestimientos superficiales especiales.

### Papel bond ligero (tipo aéreo)

El papel bond, tipo correo aéreo (ensayo 5130) hecho completamente con los occarpa, no alcanzó la calidad requerida en esta clase de papel. Las fibras largas de esta madera dificultaron la formación de una hoja con buena textura. Sin embargo, en el ensayo 5131 se demostró que agregando una pequeña cantidad de pasta de fibras más cortas, se podría obtener una hoja de buena textura y bien formada. En este ensayo se agregó 15 por ciento de una pasta mecánica de abeto y álamo a la pasta al sulfato. Probablemente hubiera sido mejor emplear una pasta química de frondosa (hardwood) en vez de la pasta mecánica, pero no se disponía de esta clase de pulpa química cuando se hizo el ensayo en cuestión.

### Papel tisú

Se hicieron dos ensayos (5136 y 5137) para producir papeles de tipo tisú. El primer ensayo, hecho con una pulpa refinada hasta 45 ml, dió un papel con la suavidad deseada en esta clase de papeles; pero su formación carecía de uniformidad. Los intentos de corrugar esta hoja fracasaron,

/probablemente

probablemente por su mala formación. Se trató esta pulpa en el "jordan" y se obtuvo una hoja cerrada; pero la hoja presentó dureza, densidad, y transparencia impropias de esta clase de papel. El desgote de la pulpa de este ensayo fué considerablemente inferior al comunmente aplicado en la manufactura de este tipo de papel.

#### Papel de envolver

La calidad de los papeles blancos de envoltura hechos con la pasta blanqueada es alentadora para estas maderas. Se hicieron dos pruebas, una con refinado en el "jordan" y la otra sin este tratamiento (ensayos 5133 y 5132, respectivamente), con una pasta al sulfato que había sido refinada hasta un grado de desgote de 450 ml. Estos papeles resultaron algo más resistentes que los oscuros de envoltura. El tratamiento de la pulpa en el "jordan" tuvo poco efecto en la resistencia del papel: la resistencia al desgarramiento disminuyó y la resistencia al doble plegado aumentó ligeramente. Este tratamiento tendió a producir una hoja más transparente sin cambios apreciables en la formación de la hoja.

Anexo V

ABASTECIMIENTO DE AGUA

I. CÁLCULO DEL CAUDAL DE AGUA NECESARIO PARA ALIMENTAR LAS INSTALACIONES INDUSTRIALES Y LA CIUDAD PREVISTA Y PARA ASEGURAR SU DESARROLLO FUTURO

1. Generalidades

El consumo de agua de una fábrica de celulosa o papel es siempre muy considerable. Su importancia es de 40 a 60 veces mayor que para las demás materias consumidas. Interesa por eso establecer las fábricas de celulosa y papel de manera que se tenga el agua necesaria lo más cerca posible, a fin de evitar trabajos onerosos de conducción.<sup>1/</sup> El problema de la evacuación de las aguas usadas hace también muy útil la vecindad de un río. El volumen de sus afluentes es, en efecto, del mismo orden que para el agua consumida y es generalmente preferible diluirlas en un volumen de agua muy superior para evitar la contaminación de las corrientes.

Se debe tener en cuenta no sólo las necesidades de agua (y evacuación) relativas al proyecto de fábrica considerado, sino también todos los desarrollos futuros previsibles, porque las empresas de celulosa y papel por lo general tienden a crecer y a añadir fabricaciones cada vez más complejas.

Para calcular las necesidades de agua, ésta se clasifica en 5 categorías, cada una de las cuales corresponde a especificaciones diferentes desde el punto de vista de su pureza.

- 1) Agua para la fabricación
- 2) Agua para el enfriamiento de la central térmica
- 3) Agua para la alimentación de las calderas
- 4) Agua para el aserradero
- 5) Agua para la ciudad del personal

<sup>1/</sup> Cuando hay que elegir entre un aumento de la distancia de transporte de la madera y un aumento de la longitud de la conducción de agua eventual, puede suceder que la solución más económica, desde el punto de vista de la explotación, sea aumentar la longitud de aducción de agua, porque puede ser menos caro transportar 50 toneladas de agua por gravedad que 1 tonelada de madera en camión.

2. Cálculo de las necesidades en agua de fabricación

Los consumos de agua para una misma fabricación varían mucho de una fábrica a otra, según el agua sea escasa o abundante, y además suelen estar bastante mal determinados, porque como son complejas la mayor parte de las fábricas, es difícil examinar el consumo global. Este además, por lo general no es medio, sino estimado según el caudal nominal de las bombas.

En el cuadro 1 se resumen los principales datos obtenidos.

Cuadro 1  
Consumo de agua previsto  
 (m<sup>3</sup> por tonelada)

	A	B	C	D	E	F
Celulosa kraft no blanqueada	100	108	236	160	75	120
Celulosa kraft blanqueada	250	208	352	180	210	250
Celulosa kraft medio blanqueada	-	-	-	-	-	200
Celulosa mecánica	40	-	-	-	-	50
Papel de diarios	-	-	120	110	90	100 <sup>a/</sup> 156 <sup>b/</sup>
Papel kraft no blanqueado	-	-	123	-	-	100 220
Papeles blancos ordinarios	-	-	-	-	-	100 270
Papeles blancos finos	-	-	-	-	-	110 360

Notas: a/ Papel solo, sin incluir la celulosa.

b/ Papel y celulosa necesaria para el papel (fábrica integrada).

A= FAO, Materia prima para mayor cantidad de papel.

B= Fábricas de celulosa kraft y Newsprint del Sur de los Estados Unidos.

C= Promedios de las fábricas de los Estados Unidos (consumo total de las fábricas).

D= Chile, futuro exportador de papel y celulosa.

E= Consumos considerados como mínimos en Europa.

F= Cifras adoptadas para el presente proyecto.

/Para el



Para el proyecto principal que se estudia en el presente informe, basado sobre 250 t/día de celulosa kraft no blanqueada, la cantidad de agua de fabricación necesaria será:

$$250 \times 120 = 30\,000 \text{ m}^3/\text{día} \text{ o sea } \boxed{0.35 \text{ m}^3/\text{segundo}}$$

En caso de extensión futura, cabe distinguir varios casos.

a) Ampliación de la fabricación de la celulosa kraft

i) admitiendo que se utilizarán los más lejanos macisos sin variar la estructura del proyecto, la ampliación llegaría a 50 por ciento y, por consiguiente, el consumo de agua a 45 000 m<sup>3</sup>/día (para 375 t/día).

ii) admitiendo que una regeneración excepcional del bosque pueda permitir en el futuro impulsar la fabricación hasta 500 toneladas cortas (453 t/día), el consumo de agua llegaría a 55 000 m<sup>3</sup>/día.

b) Blanqueo de todo o parte de la celulosa kraft producida

Cuadro 2

Agua necesaria para la producción de celulosa blanqueada

Capacidad de la fábrica de celulosa kraft	250 t/día		375 t/día		453 t/día	
	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /día	m <sup>3</sup> /s
Con blanqueo del 50% de la celulosa	45 000	0.52	67 500	0.78	85 000	0.98
Con blanqueo del 100% de la celulosa	60 000	0.69	90 000	1.04	110 000	1.27

c) Fabricación de papeles

Hay que contar con 100 a 110 m<sup>3</sup> de agua por tonelada de papel, además del agua necesaria para la fabricación de la celulosa química.

Hay que prever que el máximo a considerar sería la fabricación de 300 t/día de papel. En este caso, sólo se blanquearía una parte de la celulosa, menos del 50 por ciento. Entonces el consumo sería el máximo, añadiendo 30 000 m<sup>3</sup>/día a las cifras de la primera línea del cuadro 2, lo que daría:

Cuadro 3

Agua de fabricación para la producción de celulosa y papel

	250 t/día	375 t/día	453 t/día
Celulosa kraft no blanqueada	250 t/día	375 t/día	453 t/día
Papel de diarios o no	300 t/día	300 t/día	300 t/día
Agua	75 000	97 500	115 000
Caudal promedio (m <sup>3</sup> /s) <sup>a/</sup>	0.87	1.13	1.33

a/ 66 400 segundos por día - se supone que las reservas de la estación de depuración que regularizan los máximos horarios pueden ser del orden de 20%.

3. agua de enfriamiento para la central térmica

La potencia para la fábrica de 250 t/día de celulosa no blanqueada y para el aserradero integrado ha sido fijada a 8 250 KW.<sup>2/</sup> En su mayor parte proviene del vapor de contrapresión y sólo 1 800 KW vienen del vapor de condensación. Este necesitaría entonces un caudal de agua de enfriamiento del orden de  $1\ 800 \times 650 = 1\ 170\ m^3/h$ , o sea  $0.32\ m^3/segundo$  si el agua no vuelve al mismo circuito.

Si el agua regresa al circuito y es enfriada en torres, la cantidad consumida se reduce a la que se evapora en las torres de enfriamiento y es arrastrada mecánicamente; su importancia es inferior a  $0.02\ m^3/KWH$ , lo que para 1 800 KW daría un gasto de  $36\ m^3/h$ , o sea  $0.01\ m^3/s$ , lo que es despreciable en comparación con el agua gastada por la fabricación.

En el caso de que la fabricación se extienda considerablemente a la producción de celulosa blanqueada y papel --y también eventualmente papel de diarios-- y suponiendo que toda la fuerza motora sería de origen térmico, la potencia de la planta eléctrica sería naturalmente mucho más considerable y la proporción de energía a producir por condensación del vapor también sería más alta.

Por ejemplo, una fábrica que produzca papel a razón de 300 t/día en la proporción del mercado centroamericano tendría una central de 22 000 a 25 000 KW, de los cuales de 10 000 a 12 000 a condensación, lo que requeriría  $8\ 000\ m^3/h$  de agua de condensación para los condensadores, o sea más de  $2.2\ m^3/s$ . En este caso habría que recurrir al retorno del agua al mismo circuito, con enfriamiento por torres. El consumo de agua bajaría así a 400 ó  $500\ m^3/h$ , o sea a  $0.14\ m^3/s$ .

En conclusion, el consumo de agua de enfriamiento sería:

Cuadro 4

Agua de enfriamiento para la central térmica  
 (m<sup>3</sup>/segundo)

	Fábrica de 250 t/d. de celulosa kraft no blanqueada	Fábrica de 375 t/d de celulosa kraft no blanqueada	Fábrica de 375 t/d de celulosa kraft no blanqueada y de 300 t de papel
Sin torres de enfriamiento	0.32	0.48	-
Con torres de enfriamiento	0.01	0.015	0.14 <sup>a/</sup>

a/ Orden de importancia a precisar según el proyecto.

<sup>2/</sup> Véase el capítulo II del presente estudio, en el vol. I.

#### 4. Agua para la alimentación de las calderas

Sería necesario el cálculo preciso de la cantidad de agua consumida por las calderas a fin de determinar los aparatos de depuración requeridos para esta cantidad de agua que necesita un tratamiento especial. Para el problema actual bastará determinar la importancia del consumo. Este consumo de agua sólo se debe a las pérdidas de vapor porque todo el vapor aun el de contrapresión es finalmente condensado y el agua de condensación se recoge y se vuelve al circuito porque la destilación es cara.

La cantidad de agua complementaria necesaria representa un volumen no importante en comparación con el agua de fabricación. En efecto, si hay, por ejemplo, una pérdida de vapor de 20 por ciento (el vapor necesario para la fabricación es de 4.75 t/t de celulosa), esta pérdida no representa más que  $4.75 \times 11 \times 0.2 = 10$  t/h para una fábrica de 250 t/día de celulosa kraft no blanqueada, es decir,  $10 \text{ m}^3/\text{h}$  de agua o  $240 \text{ m}^3/\text{día}$ , lo que no es casi nada desde el punto de vista de la alimentación general de la fábrica. En cambio, hay que destilar y degasear la poca cantidad de agua destinada a las calderas; se puede obtener agua destilada en gran cantidad a partir del evaporador de múltiples efectos que concentra los licores negros.

#### 5. Agua necesaria al aserradero

Se necesita agua para preparar los baños de preservación de la madera cortada, y también puede ser útil regar las hojas de la sierra principal, aunque esta operación no es siempre necesaria para aserrar las coníferas.

Por precaución, admitimos un consumo del orden de  $1 \text{ m}^3$  de agua por  $\text{m}^3$  de madera cortada, lo que nos da una cantidad de  $300 \text{ m}^3/\text{día}$ , o sea  $0.0035 \text{ m}^3/\text{segundo}$ , lo que es muy poco.

#### 6. Agua necesaria para las ciudades e instalaciones del personal

Un suministro de 300 litros de agua por día y por habitante es generalmente considerada como muy satisfactoria, para una aducción de agua urbana.

El cálculo de la población (véase el anexo VII) indica la necesidad de prever 5 000 habitantes en el proyecto básico y 7 000 en el futuro.

Los consumos de agua a prever serían:

Proyecto básico:  $5\ 000 \times 0.3 = 1\ 500 \text{ m}^3/\text{día}$  o sea  $0.018 \text{ m}^3/\text{s}$

Ampliación:  $7\ 000 \times 0.3 = 2\ 100$  o sea  $0.025 \text{ m}^3/\text{s}$

/Estos consumos

Estos consumos son escasos si se les compara con los de la fabricación, pero el agua destinada a la ciudad tendrá que ser depurada y esterilizada para asegurar su potabilidad.

7. Resumen de las necesidades de agua

El cuadro 5 resume las necesidades de agua del conjunto industrial y de la ciudad.

Cuadro 5  
Caudales promedios del agua necesaria en diferentes hipótesis  
 (m<sup>3</sup>/segundo)

Naturaleza de las necesidades	Fábrica de 250t/día kraft no blanqueada	Fábrica de 250 t/día <sup>a/</sup> kraft no blanqueada y Ampliación máxima b/	Tratamiento
Agua de fabricación	0.3500	0.5200	1.27 a 1.30 Depuración por calidad estándar <sup>b/</sup> de celulosa y papel
Agua de enfriamiento de los condensadores (volviendo al mismo circuito)	0.0100	0.0130	0.14 Filtración sumaria
Agua para las calderas	0.028	0.0036	a 0.01 Depuración cuidadosa y destilación
Agua para el aserradero	0.0035	0.0035	a 0.007 Filtración sumaria
Agua para la ciudad del personal	0.0180	0.0190	0.025 Filtración y esterilización
<b>Total</b>	<u>0.3843</u>	0.5591	1.47
Suplemento en caso de que no vuelva el circuito del agua de los condensadores	0.30	0.39	Filtración sumaria
<b>Total si el agua no vuelve al circuito</b>	<u>0.6843</u>	0.9491	

<sup>a/</sup> 50% de celulosa blanqueada.

<sup>b/</sup> Variable según la naturaleza de las extensiones.

8. Conclusiones

### 8. Conclusiones

El examen del cuadro 5 muestra que el mínimo del caudal de agua requerido es de cerca de

$$\boxed{0.40 \text{ m}^3/\text{s}}$$

pero sería preferible disponer de 1 a 1.5 m<sup>3</sup>/s.

## II. Fluviometría de la región forestal escogida

### 1. Repartición geográfica

La región forestal escogida para alimentar la fábrica está situada entre los meridianos 86°0 y 82°0 y los paralelos 14°45N y 15°30N.

Las observaciones pluviométricas son muy escasas en la región forestal escogida porque carece de comunicaciones con el interior del país.

Por ello se instaló un pluviómetro en Pueblo Viejo. El aréndice I muestra los resultados de las lecturas. Sin embargo, el período de observación, no tiene duración suficiente para obtener resultados muy significativos, pues para ser realmente interesantes deberían referirse a un período de unos diez años.

Además, como puede verse a continuación, los ríos que interesan tienen sus fuentes al sur de la región; por lo que haría falta conocer las medidas pluviométricas de esta zona.

Según el mapa del Servicio Meteorológico de Honduras (véase el mapa número I), la pluviometría en la zona que nos interesa sería del orden de 1 500 mm/año y correspondería a las curvas de iguales precipitaciones que pasan por la zona situada al sur de la región de Juticalpa-Catacamas.

Estas últimas estaciones cuentan con estadísticas pluviométricas desde 1944. En la región forestal misma, se hicieron observaciones en Gualaco y más al este de la región, en San Esteban. Sus resultados se muestran en el cuadro 6

Cuadro 6

#### Precipitación promedio anual

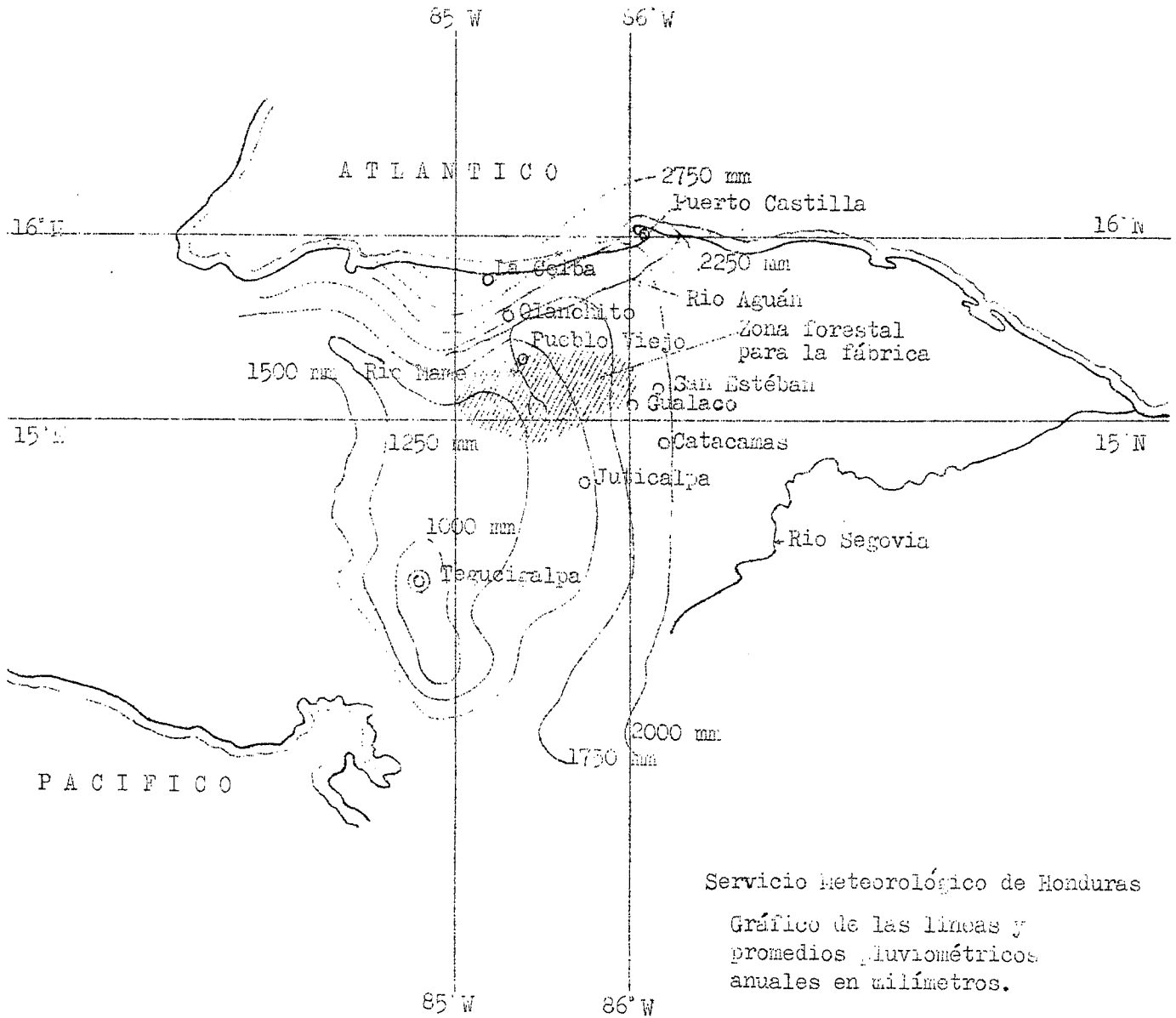
	1954 (mm)	1955 (mm)	Situación
Gualaco	1522	-	85°59'0 14°01'0 a/
San Esteban	1016	1197	85°45'0 15°10'N

Fuente: Dirección General de Irrigación, Servicio Hidrométrico Nacional, Boletines 1 y 2.

a/ Debería leerse 85°59'0 15°N para Gualaco.

/Mapa I

Mapa I



2. Variaciones de la precipitación anual

Por lo que concierne a Juticalpa y Catacamas, el cuadro 7 muestra las cifras correspondientes, (véase también el gráfico 1).

Cuadro 7

Precipitación promedia anual

Años	Juticalpa (mm)	Catacamas (mm)
1944	1263	2262
1945	1722	3388
1946	1539	2365
1947	1495	-
1948	1587	-
1949	-	-
1950	-	2. a/
1951	855	710
1952	1090	1248
1953	986	987
1954	1357	1592
1955	1126	893
1956	1071 b/	1207

Fuentes: Dirección General de Irrigación, Servicio Hidrométrico Nacional, Boletines I y 2.

a/ Todos los meses son nulos, salvo diciembre (2mm).  
Parece muy probable que no se hicieron observaciones en 1950, excepto en diciembre.

b/ Falta diciembre cuyo promedio de los 5 años anteriores es 28. Añadiendo esta cifra, el año 1956 arrojó 1099.

La comparación de las columnas de los dos cuadros deja pensar que son dudosas las cifras indicadas para Catacamas de 1944 a 1950.

Los promedios de 1951 a 1956 son los siguientes:

Juticalpa (mm)	Catacamas (mm)
1085	1106

Respecto a Juticalpa, hay una diferencia aparente cuadrática de 148.5 mm y por consiguiente un coeficiente de variación de 13.6 por ciento.

Considerando todavía Juticalpa, el promedio del quinquenio 1944-48 llega a 1521 mm la diferencia (436 mm) es significativa <sup>3/</sup> (a la tasa 0.02).

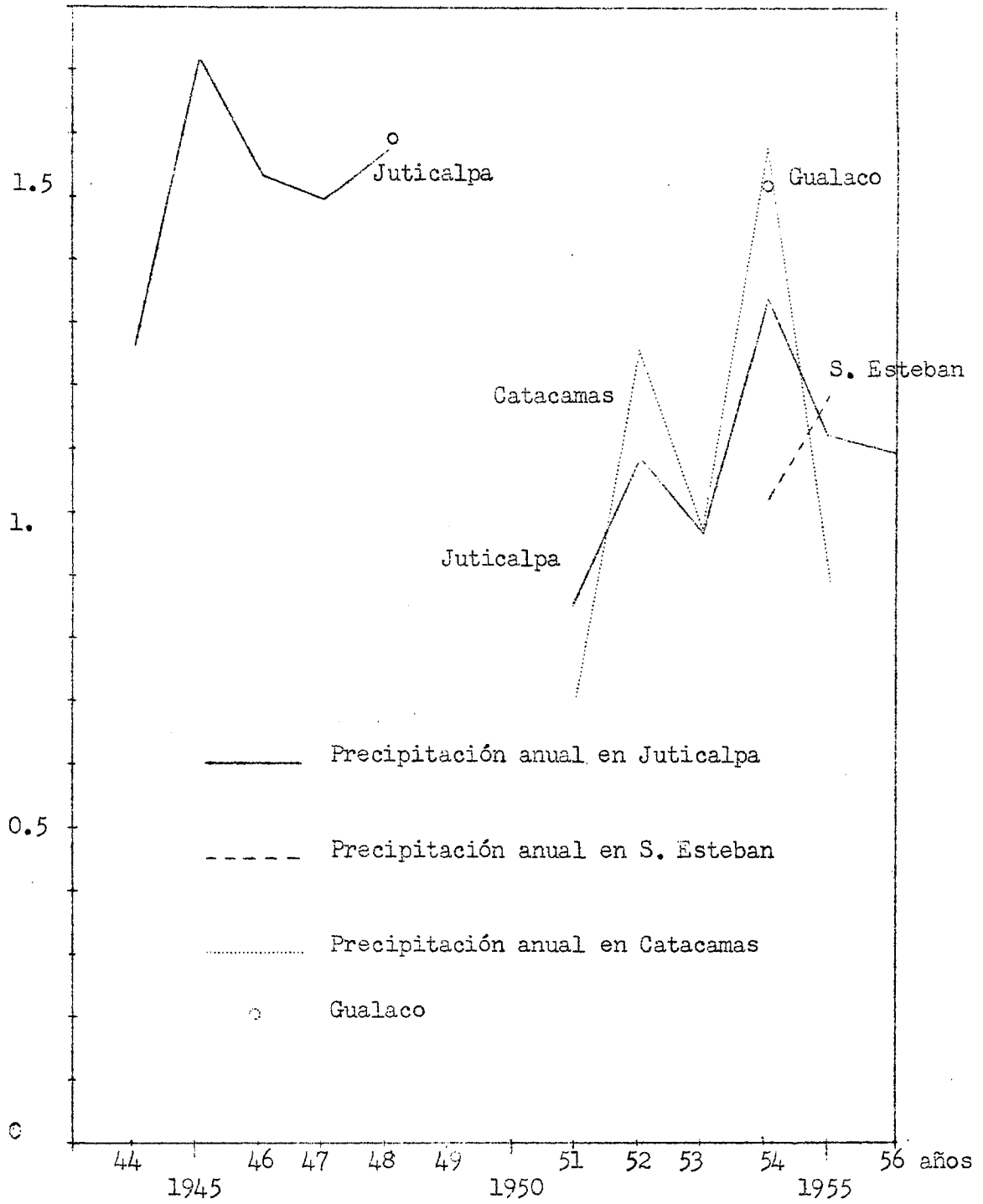
Si la tomamos en cuenta, hace suponer una variación a término largo que prede

$$3/ \phi_5^{(-1)} (0.98) = 1.9 \quad 1.9 \times 0.136 = 0.26 \quad 0.26 \times 1085 = 282 \text{ mm}$$

La función  $\phi_5^{(-1)}$  es la inversa de la función de Pearson, dando 98% de posibilidad para que el promedio no se aparte más de 1.9 veces de su producto por el coeficiente de variación. Así no habría más que 2% de posibilidades para que la diferencia exceda de 282 mm, y sin embargo alcanza 436 comparando los promedios de 1944-48 y 1951-56.

Variación de precipitación anual de lluvia

Precipitación  
anual en Mts.



/tener carácter



tener carácter cíclico, o en una falta de concordancia entre las dos series de observaciones.

Sin embargo, sería prudente prever el efecto de un máximo anual que excepcionalmente rebasaría 2 000 mm, y de un mínimo anual, que rara vez bajaría de 650 mm.

### 3. Variaciones estacionarias y diarias

El estudio de la variación estacionaria da resultados mucho más concretos. Se comprueba por el apéndice II y el gráfico 2 que la estación seca dura de diciembre a abril, y la lluviosa de mayo a noviembre, con dos máximos: muy fuertes, uno en junio-julio y la otro en septiembre-octubre, y un mínimo en agosto.

El máximo de precipitación en 3 días consecutivos ha subido hasta 155 mm en 1952, o sea el 14 por ciento de la precipitación anual total, y por consiguiente durante esos 3 días la precipitación promedio diaria alcanzó  $0.14 \times \frac{365}{3} = 17$  veces la precipitación diaria promedio anual.

La precipitación diaria máxima ha llegado hasta 108 mm (11 de noviembre de 1944), o sea  $108 / 1263 = 0.085$ , o el 8.5 por ciento de la precipitación anual total, o 31 veces la precipitación diaria anual promedio de 1944.

En suma, hay que contar con precipitaciones particularmente concentradas que tienen mucho efecto sobre las crecidas de los ríos de régimen torrencial. Para tener una idea de este efecto se puede estudiar los máximos de las precipitaciones en 3 días consecutivos en la zona de nacimiento de los ríos de la región. A falta de otra estación, las observaciones se refieren a Juticalpa, que debe ser bastante representativa de la pluviometría de la zona.

La repartición estadística de las precipitaciones máximas anuales en 3 días consecutivos durante los 11 años puede verse en el cuadro 8 (en orden creciente).

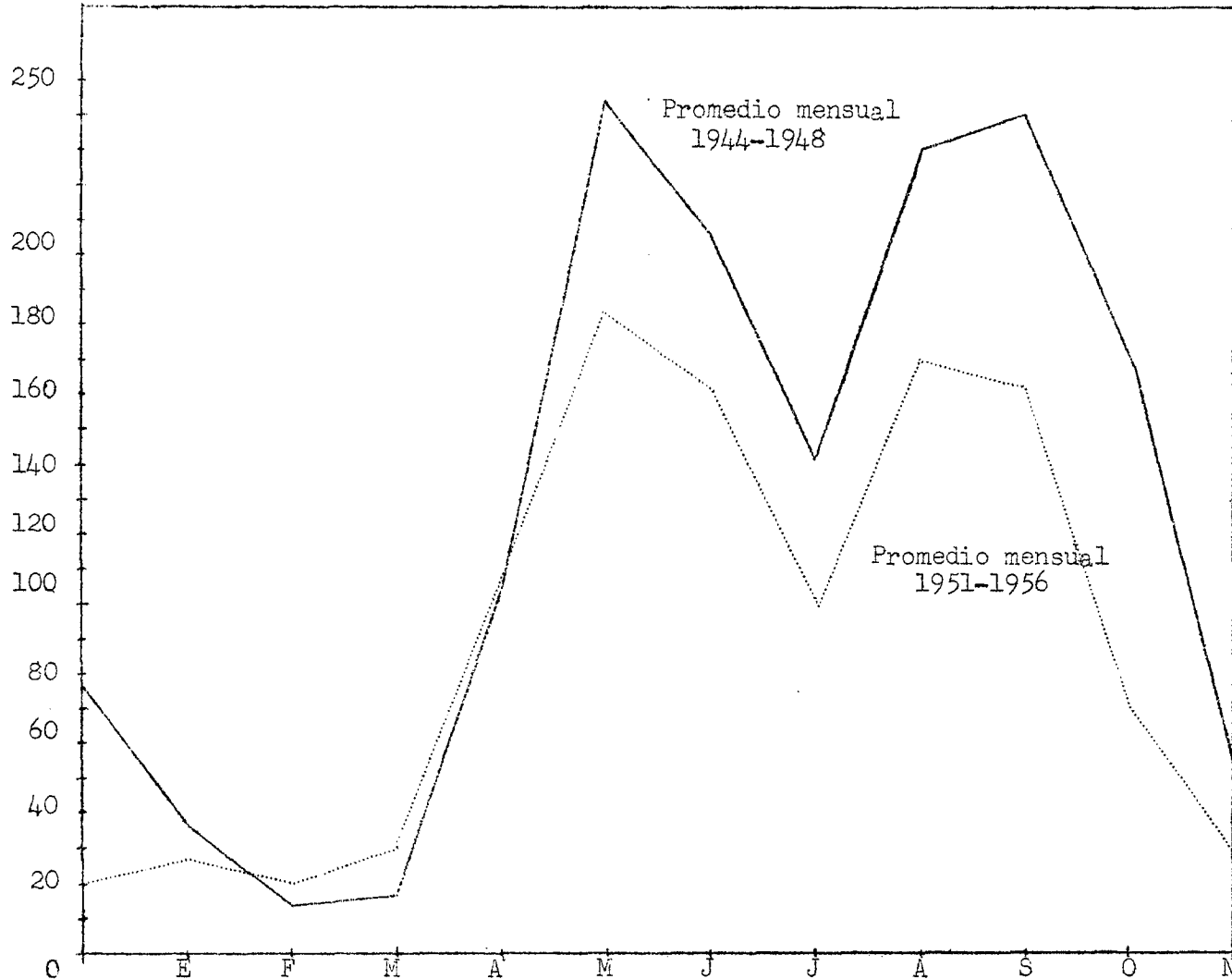
Cuadro 8

#### Precipitaciones máximas en Juticalpa en 3 días consecutivos

mm en											
3 días consecutivos	67	79	82	83	93	103	106	109	118	138	155
N° de orden	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$\frac{100 n}{11 + 10.5}$	8.7	17.4	26.1	34.8	43.5	52.2	60.9	69.6	78.2	86.9	95.6

Variación por estaciones de precipitación  
de lluvias en Juticalpa, Olancho

Promedio mensual  
en mm.



/Este cuadro

Este cuadro nos permite trazar una recta de Henry que representa una ley de Gauss de acuerdo con esas 11 observaciones. (Véase el gráfico 3)

La aparente diferencia cuadrática de esta distribución resulta de 29 mm y el promedio de 100 mm, lo que da un coeficiente de variación de 29 por ciento.

Puede deducirse de esto que la importancia del coeficiente de variación de los caudales máximos anuales absolutos de los ríos serán verdaderamente del mismo orden, o sea 30 por ciento.

Esta observación servirá más adelante para dar una idea de la amplitud de las crecidas y de las probabilidades de una crecida excepcional.

#### 4. Precipitaciones horarias

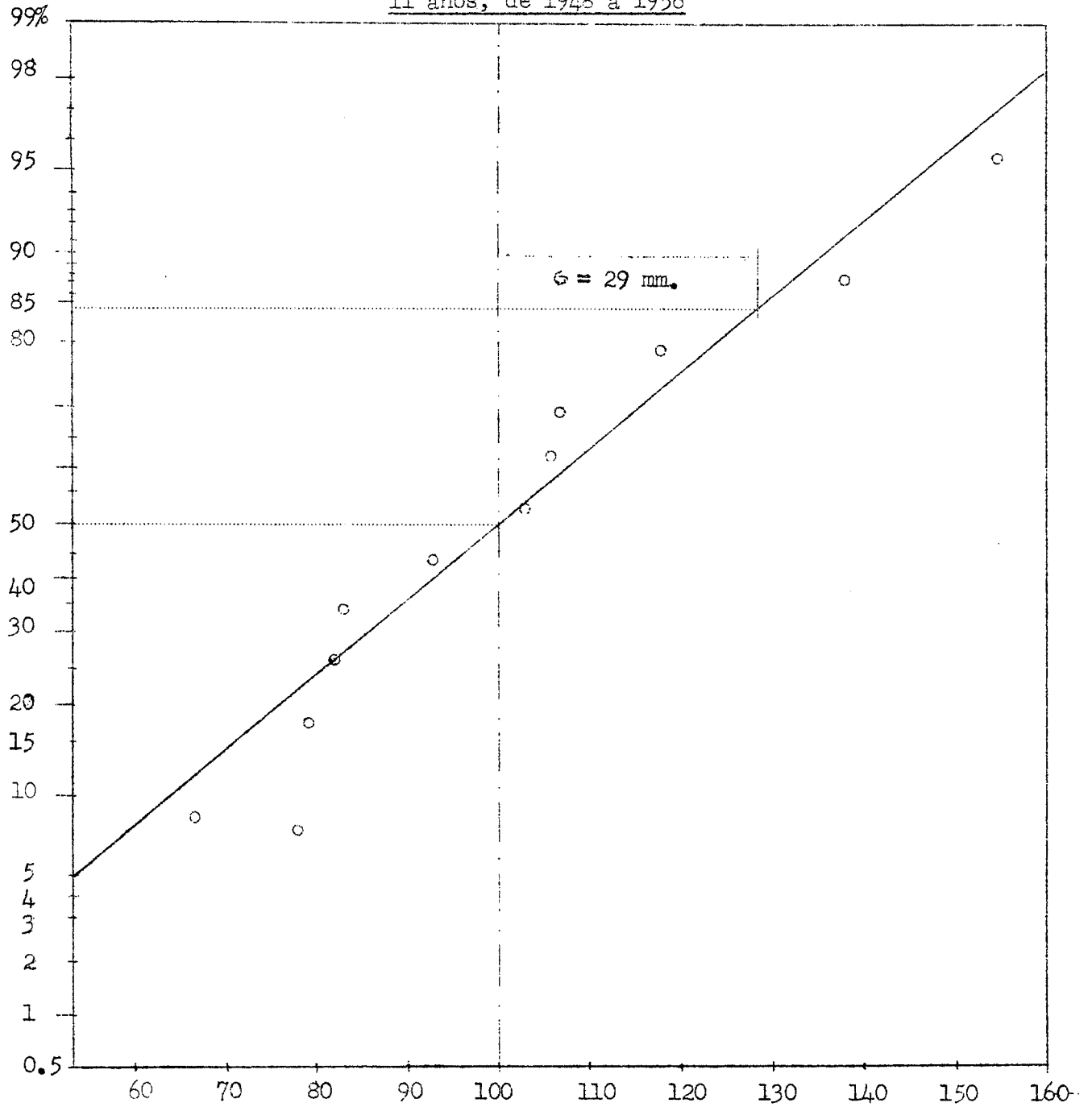
También habría que tener en cuenta la intensidad horaria de las precipitaciones para calcular las alcantarillas, las evacuaciones del agua de los techos y el drenaje de las carreteras.

No hay informes sobre períodos bastantes largos para un estudio estadístico. Sólo se sabe que la precipitación diaria total puede concentrarse en muy pocas horas, pero las precipitaciones diarias más fuertes no se presentarán obligatoriamente en los días de precipitación total máxima.

Hay que fijarse en que la violencia de estas precipitaciones, junto al hecho de que las pendientes son muy fuertes, la vegetación muy pobre y el espesor de la capa de tierra arable muy delgada, acarrea fenómenos de erosión particularmente intensos.

/Gráfico 3

Gráfico 3  
(Recta de Henry)  
Distribución estadística de precipitación de lluvia  
en 3 días consecutivos en Juticalpa, Olancho.  
11 años, de 1948 a 1956



### III. Hidrografía de la región forestal y estudio de los ríos Mame y Alao

#### 1. Hidrografía de la región forestal

La región forestal escogida corresponde a la vertiente atlántica de Honduras porque la línea de repartición de las aguas entre el Atlántico y el Pacífico está situada mucho más al sur, hacia 14° 15' de latitud norte.

Los tres ríos que reciben los afluentes que atraviesan la región son el Aguán, el Sicco o Grande y el Patuca por conducto de su rama superior llamada río Guayape.<sup>4/</sup> Estos ríos desembocan en el Atlántico al este de la región que atraviesan algunos de sus tributarios,<sup>5/</sup> los cuales tienen sus fuentes en la región forestal cuya altitud promedio, es de unos 1 000 metros.

Los aludidos afluentes son:

- a) Del río Aguán:  
al oeste, el río Yaguala;  
al centro, el río Mame;  
al este, tres pequeños ríos, uno de los cuales es el Guaca;  
Dirección general hacia el norte.
- b) Del río Sicco:  
el principal es el río Chindona,  
y las fuentes del río Sicco;  
Dirección general hacia el este.
- c) Del río Guayape:  
el principal es el río Telica;  
Dirección general hacia el sur.

En la región forestal estudiada se encuentran las líneas de repartición de las aguas de estos diferentes valles y las fuentes de los ríos.

El río Mame está situado en la región forestal. Este río es, pues, el más importante a considerar. (Véase el mapa II).

#### 2. Estudio del río Mame

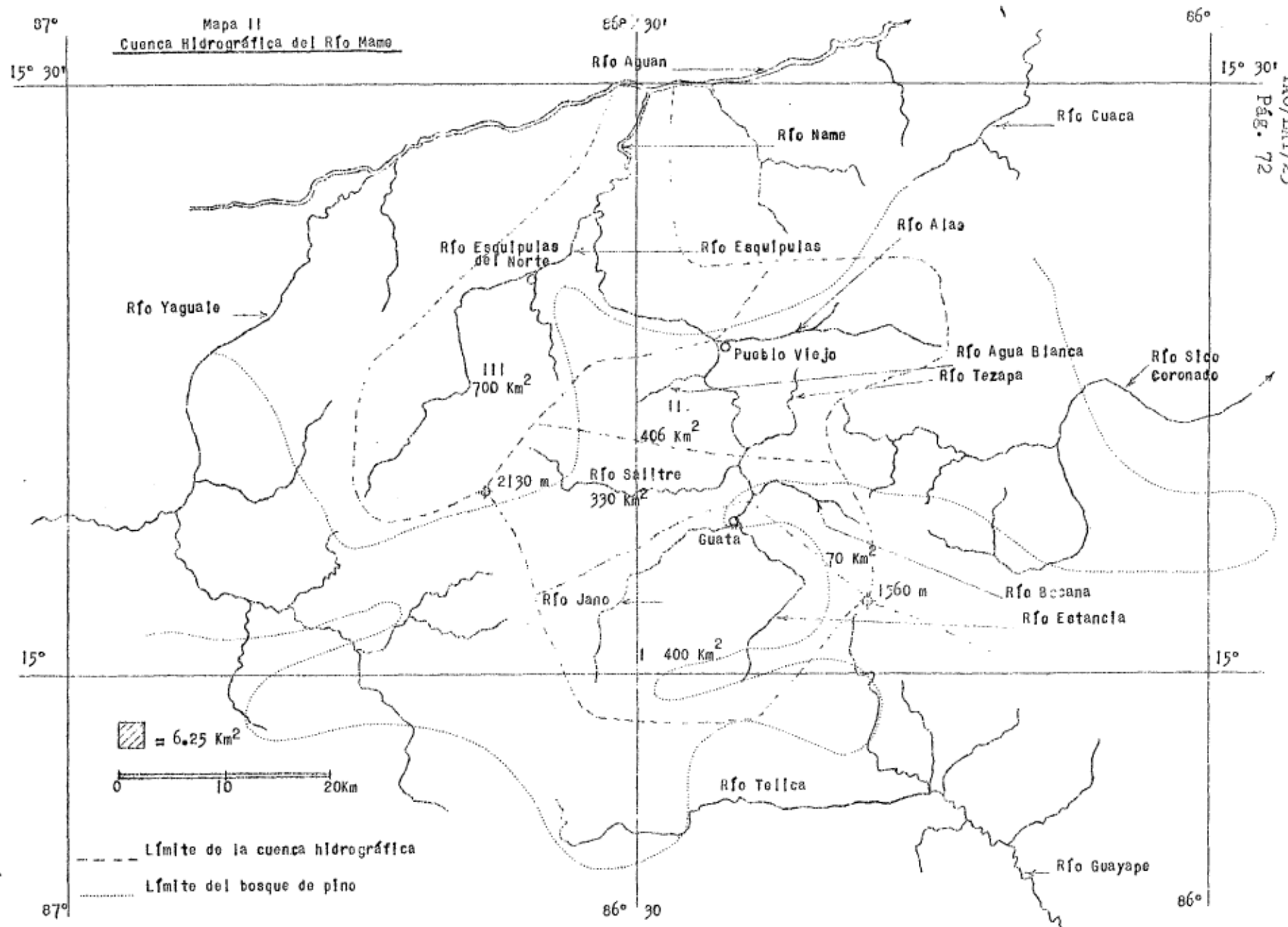
##### a) Cuenca del río Mame

El río Mame tiene su origen a cerca de 1 000 m de altitud con la denominación de río Jano, y desemboca en el Aguán a una altitud próxima a la de

<sup>4/</sup> Véase el mapa general adjunto al informe principal.

<sup>5/</sup> Véase en el apéndice III algunas informaciones sobre los caudales de los ríos Aguán y Yaguala.

Mapa II  
Cuenca Hidrográfica del Rfo Mame



PA O/CAIS/59/1  
TAO/IAF/23  
Pág. 72

/Olanchito

Olanchito, o sea cerca de 100 m. Su longitud medida sobre el mapa a 1:500 000 es de unos 80 Km, pero su longitud real es evidentemente más larga (unos 110 Km) por numerosas curvas que no figuran a esta escala. La pendiente promedia sería para toda la corriente del orden de  $900/110 = 8.2$  m/Km. Es una pendiente muy fuerte que impone a este río un régimen torrencial. El perfil en corte del valle es particularmente estrecho entre Guata y la confluencia con el río Salitre, (zona en que el río Mame se denomina Guata). Después, el valle se ensancha, pero sigue bordeado de colinas que lo dominan a unos 300 m con pendientes de 15 a 50 por ciento. El terreno es rocoso.

La cuenca del río Mame puede dividirse en tres subcuencas:

i) Cuenca superior, desde las fuentes hasta la confluencia con el río Salitre (o río Comayagüela) inclusive. Esta cuenca comprende los ríos Jano, Estancia, Bocana y Salitre. Su superficie es de unos  $800 \text{ Km}^2$ , de los que sólo corresponden  $70 \text{ Km}^2$  al río Bocana.

ii) Cuenca del curso medio, desde inmediatamente después de la confluencia con el río Salitre, hasta Pueblo Viejo, inmediatamente aguas abajo de la confluencia con el Alao. La superficie aproximada de esta cuenca es de  $400 \text{ Km}^2$

iii) Cuenca del curso inferior, a partir de la confluencia con el río Alao hasta el lugar donde el río Mame desemboca en el Aguán. El afluente principal es el río Esquipula y la superficie de la cuenca es de unos  $700 \text{ Km}^2$ .

#### Cuadro 9

##### Resumen de las superficies de las cuencas del río Mame

	$\text{Km}^2$	$\text{Km}^2$ acumulados	Proporción	Proporciones acumuladas Porcientos	Proporciones entre las dos primeras
Cuenca superior	800		42	42	66.6
Cuenca media	400	1 200	21	63	33.3
Cuenca inferior	700	1 900	37	100	
	<u>1 900</u>		<u>100</u>		

Para calcular el caudal medio previsible del río Mame según la superficie de la cuenca y la pluviometría, puede aceptarse la cifra de 1 100 mm o 1.1 m como precipitación anual en el sur de la cuenca (promedio de los 6

últimos años: 1 085 en Juticalpa) y un coeficiente de pérdida de 0.80. Así, el caudal promedio disponible sería el 20 por ciento de la precipitación anual, o sea:

Cuenca superior:  $800 \times 1.1 \times 106 \times 0.2 = 176\ 106\ m^3/\text{año}$  o  $5.6\ m^3/s$  <sup>6/</sup>

Cuenca superior - cuenca media:  $1\ 200 \times 1.1 \times 106 \times 0.2 = 264\ 106\ m^3/\text{año}$   
o  $8.37\ m^3/s$ .

Dado el régimen de lluvias, deben esperarse crecidas, que puedan sobrepasar hasta 10 veces el caudal promedio.

Las cifras anteriores son del mismo orden de magnitud que las proporcionadas por mediciones directas --necesarias para apreciar el caudal mínimo-- cuyos resultados se expondrían más adelante.

b) Perfil longitudinal del valle del río Mame

Las fuentes de los ríos que forman el río Mame están a unos 1 000 m según el mapa a 1:500 000.

Reuniendo las diversas informaciones recogidas (mediciones al altímetro, estudio de los mapas y fotografías aéreas), ha sido posible redactar el cuadro 10 que muestra el aspecto general del río Mame.

3. Mediciones directas del caudal de los ríos Mame y Alao

El estudio de la pluviometría demuestra que durante los 6 meses de la estación seca la pluviometría promedio mensual mínima (en la zona donde el río Mame y sus afluentes tienen sus fuentes) es como el 20 por ciento de la pluviometría promedio mensual del año entero. Esta observación nos lleva a pensar que para tener el caudal de  $1\ m^3/s$  necesario para la fábrica, la toma debe situarse después de la confluencia de los ríos Salitre o Alao.

En efecto, en el primer caso

$$0.20 \times 5 = 1\ m^3/s$$

y en el segundo

$$0.20 \times 8 = 1.6\ m^3/s$$

Se ha visto que hay irregularidades muy importantes en la pluviometría. Estas irregularidades son amortiguadas por la absorción del terreno y por las reservas de agua que se constituyen en la capa freática.

6/  $31\ 536 \times 103$  segundos por año.



Cuadro 10

Río Mame

	Altitud aproximada del río Mame (m)	Distancias <sup>a/</sup> aproximadas desde las fuentes (Km)	Pendiente promedia (m/Km)	Distancias <sup>b/</sup> desde la fuente por un perfil exponencial (Km)	Caudal pro- medio según la superfi- cie de las cuencas ver- tientes (m <sup>3</sup> /s)
Fuente del río Jano <sup>c/</sup>	1 000	-		-	
Guata (nivel del río) <sup>d/</sup>	600	26	15.4	25.1	2.8
Confluencia con el río Salitre <sup>d/</sup>	500	35	11.1	34.2	5.6 <sup>e/</sup>
Confluencia con el río Alao <sup>f/</sup>	300	58 <sup>g/</sup>	8.7	59	8.4 <sup>e/</sup>
Confluencia con el río Aguán <sup>h/</sup>	100	110	3.8	113.5	13.2

a/ Mediciones sobre el mapa de la fuerza aérea norteamericana a lo largo del río --20 por ciento aproximadamente.

b/  $\log y = 3 - \frac{x}{113.5}$

c/ Estimación según el mapa a 1:500 000 de la fuerza aérea norteamericana.

d/ Mediciones al altímetro los días 6, 7 y 8 de marzo de 1957. Hacia las 9h, adelantadas uniformemente a las 12 h, añadiendo 6 m por hora, variación observada en Pueblo Viejo el día 8.

e/ Inmediatamente aguas abajo de la confluencia. El perfil esquemático correspondiente figura en el gráfico 4.

f/ Nótese que la estimación de la altitud de la confluencia de los ríos Alao y Mame, por medio de la diferencia de paralaje fotográfico con la estación geodésica de La Cruz, da la cifra de unos 308 m (arriba del nivel del mar).

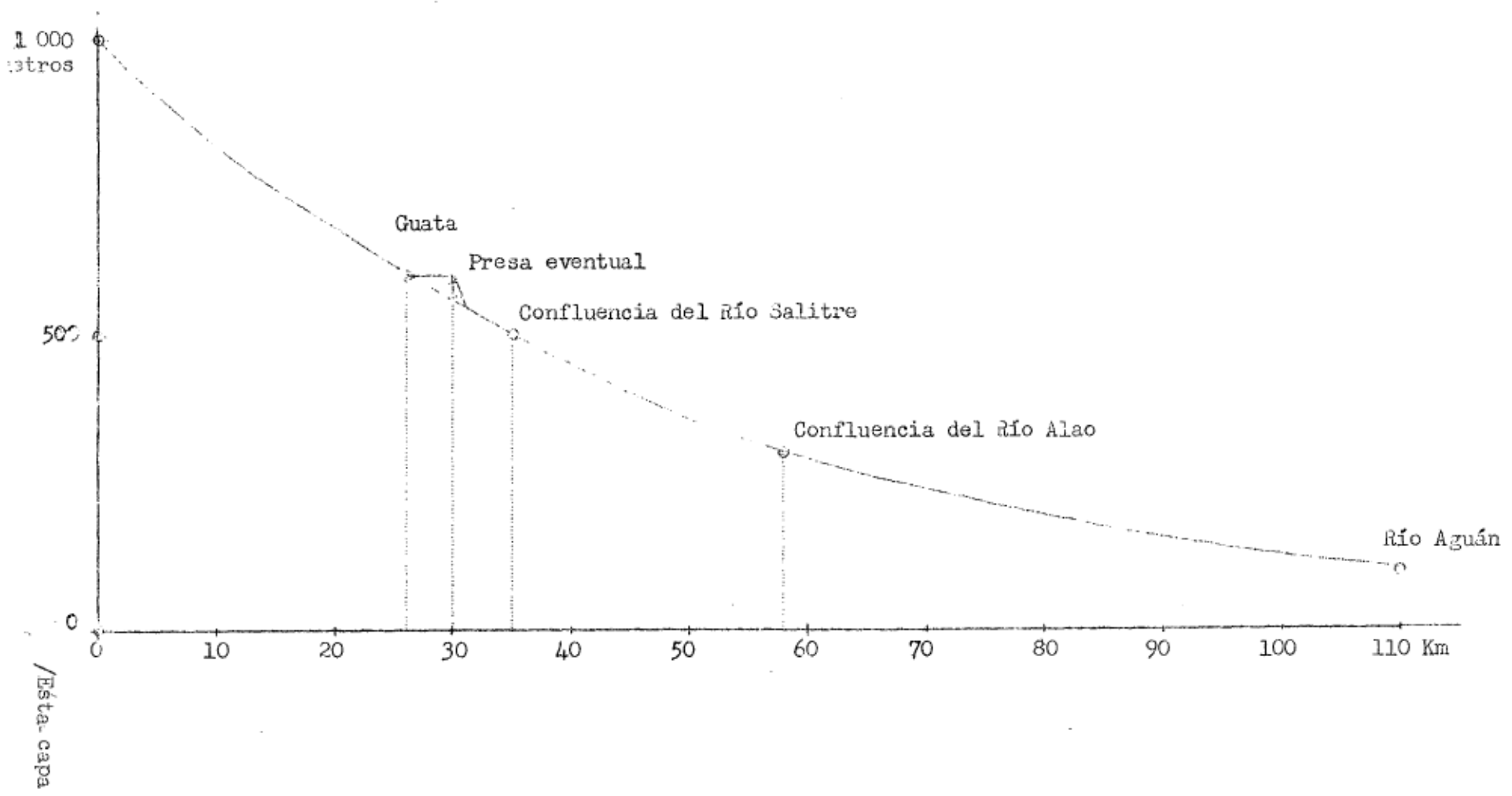
g/ La medición directa de la longitud del río entre las confluencias del Alao y del Salitre, efectuada según las restitutiones fotográficas da 22 Km en vez de 58 - 35 = 23.

h/ Estimación según la altitud de Olanchito.

/Gráfico 4

Gráfico 4

Perfil longitudinal esquemático del Río Mame



Esta capa es generalmente muy delgada y en consecuencia hay que prever que las irregularidades diarias podrán tener repercusiones sobre el caudal de los ríos. También puede haber años particularmente secos, durante los cuales sería deseable disponer de algo más de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Así pues, la fábrica debería situarse aguas abajo de la confluencia de los ríos Mame y río Alao <sup>7/</sup>, si se quiere disponer con seguridad de un caudal un poco superior a  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Se estableció en consecuencia, una pequeña estación de aforo en Pueblo Viejo justo aguas abajo de la confluencia de los ríos Mame y Alao para estudiar el caudal del río Mame en este punto. Esta estación tenía la finalidad de asegurar un caudal mínimo suficiente del río, y el punto de establecimiento se escogió con este objeto. El lugar no es ideal para los grandes caudales y habría que establecer otra estación en una sección de perfil en corte más conveniente. Esta estación sólo tendría interés en el caso de pensar en una disposición hidroeléctrica.

Las mediciones comenzaron en mayo de 1957 y se prosiguieron todo el año 1958. Se determinó el perfil de la sección y se hicieron mediciones de velocidad de corriente con el molinete y el flotador. También se instaló una escala y se hicieron regularmente lecturas de escala.

De este modo se ha podido establecer una curva que da el caudal en función de las lecturas de las escalas para los caudales débiles y medios, curva que luego fue extrapolada para apreciar los caudales fuertes, que tienen poco interés por lo que concierne a la alimentación en agua de la fábrica. En 1958 fue establecida otra sección con otra curva. (Véase el gráfico 5)

Los resultados obtenidos se recogen en el cuadro 11.

Para obtener el caudal promedio anual, los meses que faltan han sido estimados entre los caudales mensuales y la pluviometría promedia mensual. (Véase el apéndice IV y el gráfico 6).

De ello se deduce para 1957 un caudal promedio de  $7.3 \text{ m}^3/\text{s}$  y para 1958 de  $10.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , valor calculado antes de los resultados de diciembre de 1958, que aumentan algo el caudal promedio del año.

<sup>7/</sup> O en la confluencia misma, con dos estaciones de bombeo, una sobre el río Alao y la otra sobre el Mame.

Cuadro 11

Caudales del río Mame en Pueblo Viejo, aguas  
 abajo de la confluencia con el Alaa <sup>a/</sup>

Años	Meses	Caudal medio (m <sup>3</sup> /s)	Caudal mínimo observado (m <sup>3</sup> /s)	Caudal máximo (m <sup>3</sup> /s)
1957	Abril	3.4	3.2	6.8
"	Mayo	3.5	3.4	4.5
"	Junio	3.5	4	38
"	Julio	17.7	4.8	45
"	Agosto	11.7	5	37.8
"	Septiembre	17.4	9.3	48
"	Octubre	13.1	6	34
"	Noviembre	2	1.6	2.6
"	Diciembre	4.5	2.2	9
1958	Enero	<u>b/</u>	<u>b/</u>	<u>b/</u>
"	Febrero	7.2	6	8
"	Marzo	5.1	4	9
"	Abril	3.8	2.7	4.2
"	Mayo	7.6	2.4	15.6
"	Junio	13.9	5.7	28
"	Julio	19.5	6.7	25
"	Agosto	18.7	10	29
"	Septiembre	12.2	9	24
"	Octubre	23.1	10 cerca de	50
"	Noviembre	12.0	9.5	13.7
"	Diciembre	10.2	5.8	20.1

a/ Incluyendo los caudales de este último río.

b/ No hubo observaciones en enero de 1958, sólo en los 10 últimos días de febrero de dicho año.

El promedio del bienio 1957-58 sería entonces de 9 m<sup>3</sup>/s, valor que coincide con la medida de 8.4 m<sup>3</sup>/s deducida del cálculo efectuado por medio de las pluviometrías promedias y de las cuencas vertientes.

4. Caudal mínimo del río Mame

La tradición y el buen sentido coinciden en considerar que el caudal mínimo tiene lugar al final de la estación seca. Por eso se efectuaron las primeras mediciones en abril de 1957.

Gráfico 5

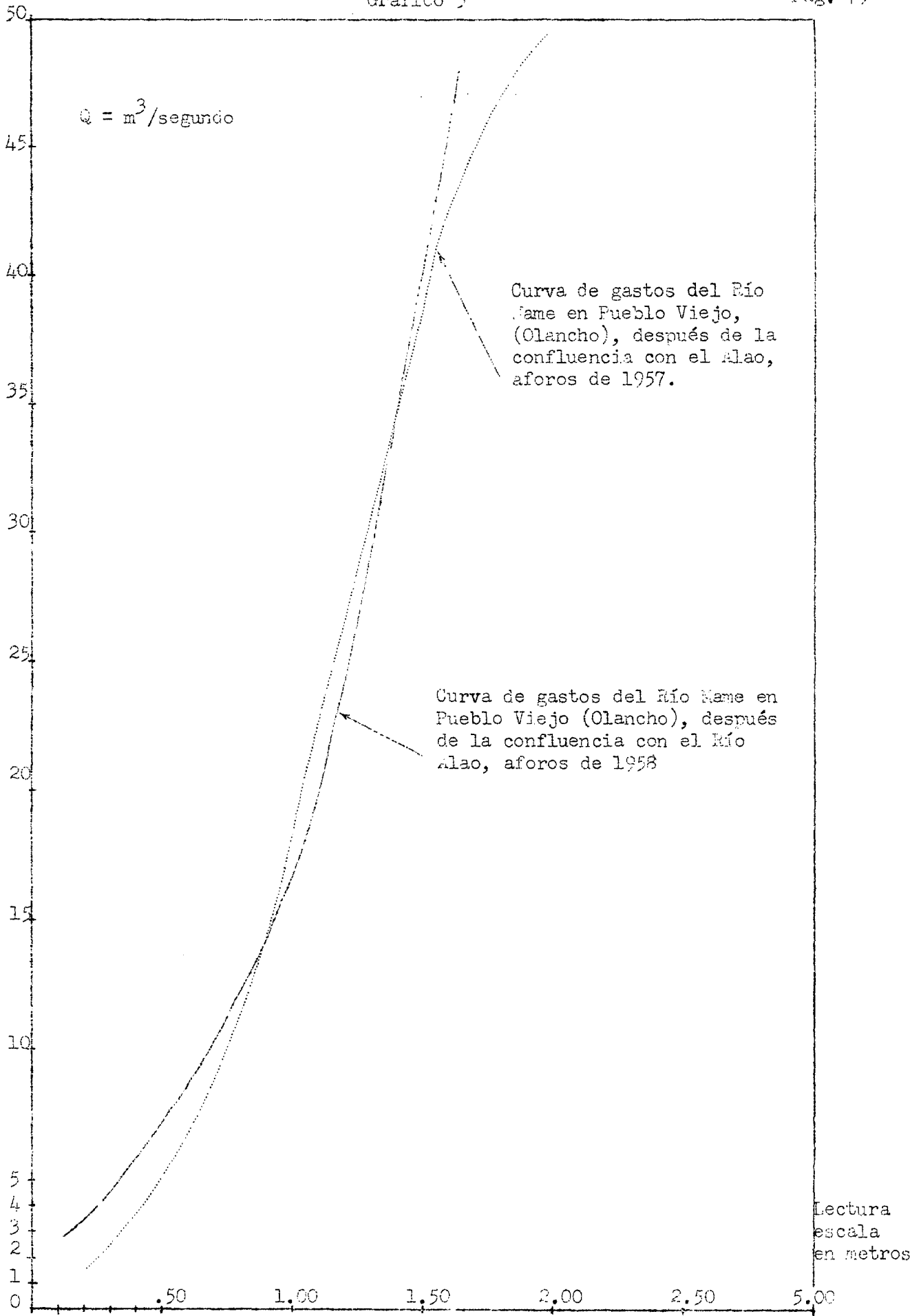
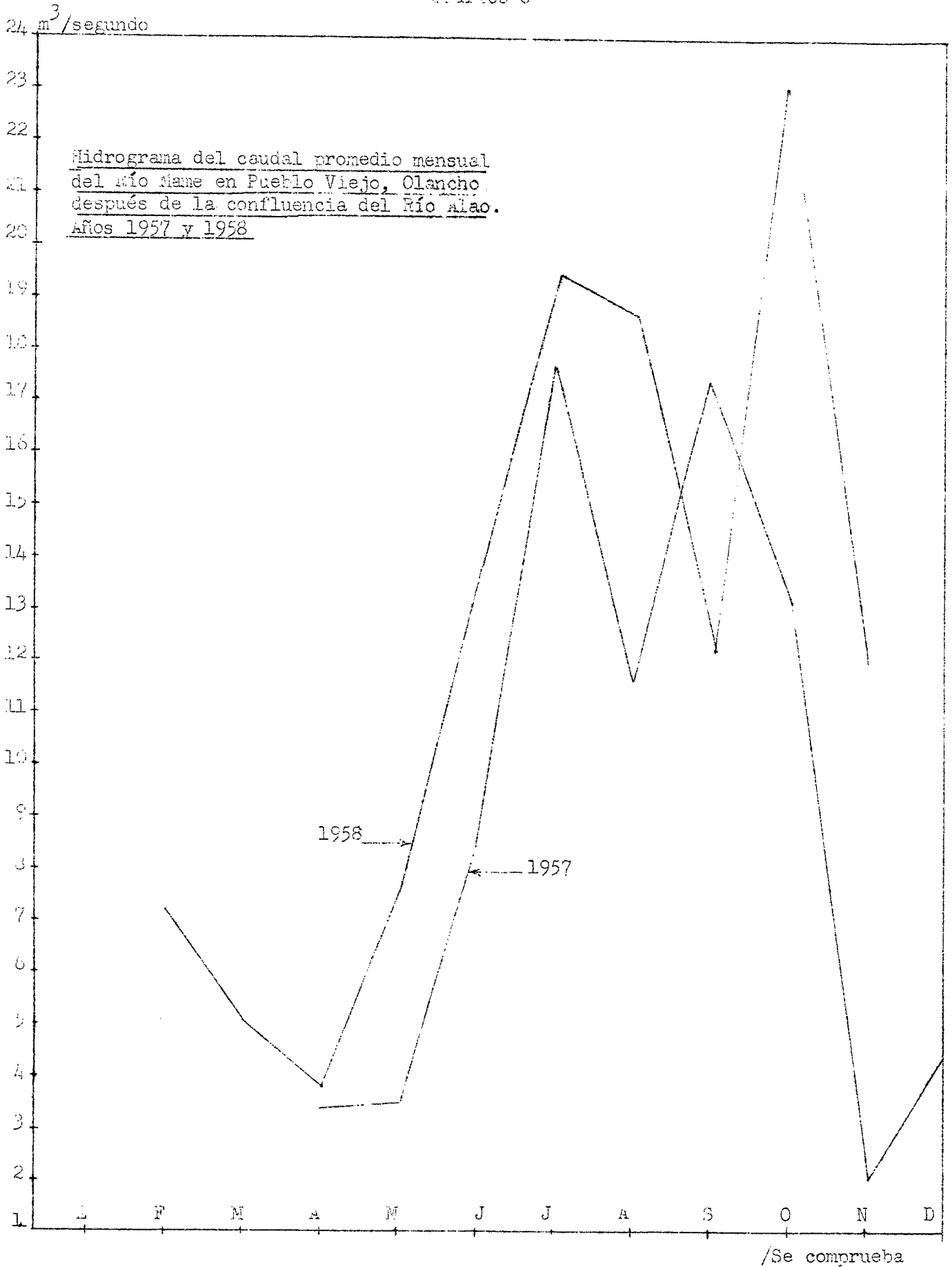


Gráfico 6



Se comprueba, como es natural, una fuerte correlación<sup>8/</sup> entre las precipitaciones promedias mensuales de la región (tomando Juticalpa como estación indicadora) y los caudales promedios mensuales, pero esta correlación es más marcada en la estación de lluvias, lo que hace pensar que durante este período es mayor la contribución del chorreo directo.

En la estación seca la contribución proviene principalmente de la capa freática y confirma esta idea el hecho de que la cantidad de materia sólida en suspensión en el agua es mucho más débil en dicha estación.

Faltan las estadísticas pluviométricas de febrero, marzo y abril de 1957 en Juticalpa, los resultados de 1958 se resumen en el cuadro 12.

Cuadro 12

	Pluviometría de 1 mes (mm)		Caudal mensual medio del río Mame (m <sup>3</sup> /s)	Caudal mínimo observado (m <sup>3</sup> /s)	Fecha del mínimo de caudal
	Juticalpa	Pueblo Viejo			
Febrero (10 últimos días)	-	0.9	7.2	6	23 de febrero
Marzo	27.2 <sup>a/</sup>	16.2 <sup>b/</sup>	5.14	3.6	15 de marzo
Abril	-	-	3.85	2.7	29 de abril

<sup>a/</sup> 15 y 21 de marzo.

<sup>b/</sup> 20 y 21 de marzo.

El examen del cuadro 12 sugiere que la capa freática se vacía siguiendo una marcha exponencial decreciente, lo que permitiría fijar una "constante de tiempo" T que representa el número de días necesarios para que disminuya a la mitad el caudal debido a la capa.

Para estudiar este asunto con más precisión se ha establecido una gráfica del caudal del río Mame en la estación seca con ayuda de las observaciones diarias desde el principio del año 1958, poniendo en la ordenada el logaritmo de los caudales promedios diarios. (Véase el gráfico 7). Se puede ver entonces una serie de rectas paralelas cuya pendiente permite medir la constante de tiempo T (T = diferencia entre la ordenada sobre las rectas y la diferencia de la abscisa = log 2). Así, T sería del orden de 30 días.

<sup>8/</sup> En 1958 el mínimo absoluto observado fue de 2.4 m<sup>3</sup>/s al principio de mayo, en 1957 fue de 1.56 m<sup>3</sup>/s.

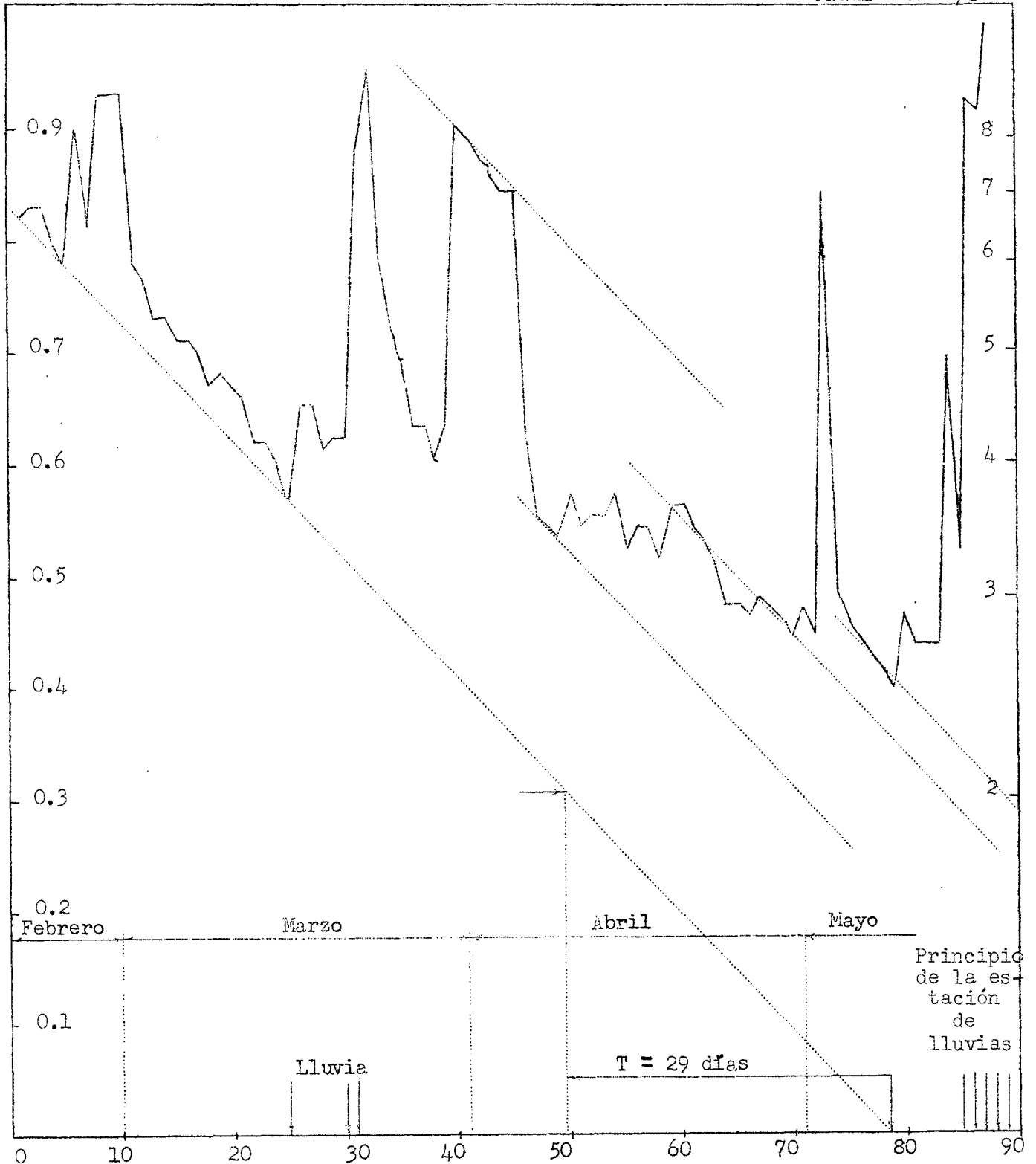
/Gráfico 7

Gráfico 7

Caudal del Río Mune en Pueblo Viejo  
durante la estación seca, 1958

Log. Q

Caudal en m<sup>3</sup>/s



/Queda por



Queda por saber cuál es el caudal cuando la capa está saturada. Un orden de importancia de este valor se obtiene considerando el caudal mínimo en la estación de lluvias durante los períodos secos de esta estación, pero como sólo hay dos estaciones pluviométricas disponibles es imposible estar seguro de que no haya habido lluvias no registradas en otras partes de la cuenca durante estos períodos. A falta de otra cosa mejor, se toma el mínimo del mes de agosto de 1957, que siguió a un período relativamente seco precedido por unas lluvias muy grandes. Este mínimo es de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Considerando ahora las observaciones pluviométricas en Juticalpa, durante los 11 años disponibles (apéndice II), se ve que sólo en 1953 hubo dos meses consecutivos sin lluvias.

Suponiendo que la capa esté saturada al principio de los dos meses, puesto que  $T = 30$  días, el caudal al final de los 30 primeros días sería:  $5/2 = 2.25 \text{ m}^3/\text{s}$ , y al final de los dos meses  $2.25/2 = 1.12 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Es mucho más difícil apreciar lo que pasa si la capa no está completamente saturada al principio de un período de dos meses absolutamente secos. Pero la hipótesis de tres meses absolutamente secos conduciría a un caudal mínimo de  $1.12/2 = 0.56 \text{ m}^3/\text{s}$  al final del período.

No hay bastantes observaciones para estimar de manera correcta cuál sería la probabilidad de tal acontecimiento. Considerando, que sólo hay 4 posibilidades sobre 10 de que no llueva en marzo y 3 posibilidades sobre 10 de que no llueva en abril, la probabilidad de no tener lluvias durante los dos meses sería  $1.2/10$ , si los dos acontecimientos fuesen independientes (lo que no es del todo exacto, porque las causas de la sequía en marzo pueden ser las mismas que las de la sequía de abril).

La probabilidad de que no llueva en febrero o en mayo es notablemente inferior a la de que ocurra lo mismo en marzo o abril. Si se conserva la cifra de 0.3 para esta probabilidad, resulta que la de tres meses sin lluvias sería del orden de  $0.12 \times 0.3 = 0.046$ , estimación que debe pecar por exceso a pesar de la autocorrelación.

En estas condiciones pueden aceptarse a título provisional las conclusiones siguientes:

a) Normalmente el caudal mínimo absoluto del río Mame en Pueblo Viejo, aguas abajo de la confluencia con el río Alao, es del orden de  $1.5$  a  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

/b) Una vez

- b) Una vez cada 10 años se podría observar un mínimo de  $1 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- c) Menos de 5 veces cada 100 años se podría observar algo menos de  $0.6$  a  $0.5 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- d) En general la duración del mínimo del caudal es relativamente pequeña (de 10 a 15 días consecutivos por año).

El grado de certidumbre y la precisión de las estimaciones anteriores serían mucho mejores después de observar el caudal durante algunos años y de observaciones pluviométricas de estaciones que se establecieron en la región, lo que sería muy fácil desde el principio de la explotación forestal.

Por lo que concierne al caudal mínimo en Guata, no se creyó indispensable proceder a mediciones directas, pero cabe juzgar que este caudal, comparado con el del río Mame en Pueblo Viejo, es tan reducido como la superficie de las cuencas vertientes correspondientes, puesto que la pluviometría es sensiblemente la misma en toda la región.

Pero la cuenca de los ríos Jano y Estancia tiene una superficie de más o menos  $400 \text{ Km}^2$  o sea  $1/3$  de la superficie de la cuenca vertiente total del río Mame hasta inmediatamente aguas abajo de su confluencia con el Alao.

Por consiguiente, el caudal mínimo absoluto normal en Guata estaría comprendido entre  $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ , y  $0.66 \text{ m}^3/\text{s}$ , con posibilidad de caer a  $0.30 \text{ m}^3/\text{s}$  una vez cada diez años y de  $0.2$  a  $0.16 \text{ m}^3/\text{s}$  5 veces cada 100 años.

Por lo que concierne a estos mismos valores aguas abajo de Guata, inmediatamente después de la confluencia con el río Salitre, es fácil estimarlos teniendo en cuenta que la cuenca vertiente a considerar tiene  $730 \text{ Km}^2$  o sea  $730/1200 = 0.60$  de la superficie de la cuenca, incluyendo el río Alao.

##### 5. Conclusiones sobre la posibilidad de suministrar el agua a la fábrica

El cuadro 13 demuestra claramente que la cantidad de agua disponibles de los ríos Mame y Alao en conjunto es suficiente para suministrar toda el agua que necesita la fábrica y sus servicios en el proyecto básico que requiere  $0.68 \text{ m}^3/\text{s}$  sin torres de enfriamiento y  $0.40 \text{ m}^3/\text{s}$  con torres de enfriamiento.

Cuadro 13

Caudal mínimo absoluto anual del río Mame  
(m<sup>3</sup>/segundo)

Lugar	Medido en		Año normal	Estimado	
	1957	1958		Año excepcional (probabilidad 0.1)	Año muy excepcional (probabilidad 0.05)
Pueblo Viejo (aguas abajo del río Alao)	1.56	2.4	1.5 a 2.5	< 1	< 0.5
Confluencia del río Salitre (aguas abajo)		a/	0.9 a 1.5	< 0.6	< 0.3
Guata			0.4 a 0.8	< 0.3	< 0.16

a/ Una medición efectuada al final de la estación seca (7 de marzo de 1957) había dado un caudal del orden de 2 m<sup>3</sup>/s.

El riesgo de no tener bastante agua durante un período de algunos días en la estación seca es prácticamente nulo para el proyecto básico. Además, han sido previstos para la fábrica 330 días de trabajo al año. Quedan, pues, 35 días de paro posible, utilizable anualmente para una revisión general. Este paro se podría prever para el período de aguas muy bajas de los años excepcionalmente secos.

Teniendo en cuenta esta posibilidad de paro anual, aún en el caso de ampliación máxima de la fábrica, se podría adoptar como base de la estimación del caudal mínimo la de los años normales, que aseguran toda el agua necesaria.

Las observaciones de pluviometría y de caudal serían mucho más numerosas y precisas si se afrontase el problema de las ampliaciones y permitiría estimar los riesgos de sequía excepcional con mayor exactitud reduciendo por consiguiente los márgenes de seguridad.

En la sección siguiente de este apéndice se verá que sería posible regularizar el río Mame y asegurar así una alimentación de agua absoluta para las futuras ampliaciones, aun durante los períodos secos de los años más excepcionales, para el caso de que los estudios complementarios que quedan por efectuar, resultase que el número de los días de paro a prever en esos años sería demasiado elevado.

#### 6. Caudal medio del río Mame

Como las mediciones directas efectuadas en 1957 y 1958 arrojan un promedio anual de  $9 \text{ m}^3/\text{s}$  aguas abajo de la confluencia con el río Alao y como el cálculo efectuado por medio de la pluviometría y de las cuencas vertientes da  $8.4 \text{ m}^3/\text{s}$ , se puede en primera aproximación conservar las cifras del cuadro 10, calculadas por medio de las superficies de las cuencas vertientes, para un estudio preliminar de regularización.

#### 7. Caudal máximo del río Mame

Las previsiones del caudal máximo sólo interesan en cuanto concierne a las crecidas y a las precauciones que deben adoptarse contra las inundaciones.

Las estimaciones del máximo de caudal son inseguras porque la medición del caudal en crecida es muy difícil y hubiera necesitado instalaciones demasiado caras.

El máximo de las estimaciones efectuadas en 1957 y 1958 en el período de crecida son del orden de  $50 \text{ m}^3/\text{s}$ . La distribución del máximo anual de precipitación en 3 días consecutivos en Juticalpa, según las observaciones de 11 años disponibles, se distribuye casi normalmente con un coeficiente de variación del orden del 30 por ciento. <sup>9/</sup> A falta de otros elementos puede suponerse que el máximo anual del caudal del río Mame tiene un coeficiente de variación análogo.

Durante 1957, el máximo de lectura de la escala de las alturas de agua en la estación de Pueblo Viejo (aguas abajo del río Alao) ha sido de 1.96 m, estando el cero a 0.54 m del fondo del río o sea a una altura total de  $1.96 + 0.54 = 2.50 \text{ m}$ , pero no hay correlación con las lluvias en Juticalpa. Mientras que en julio de 1957 (20 o 26 de julio) la lectura máxima es de 1.70 m (o sea 2.24 m desde el fondo del río), 10 días antes hay del máximo anual de precipitación en 3 días consecutivos en Juticalpa (127 mm). Las dos crecidas parecen, pues, provenir de dos fuentes diferentes y no debe rechazarse la hipótesis de

<sup>9/</sup> El cálculo no es muy exacto, porque 30 por ciento es un valor estimado que tiene cierta probabilidad de apartarse del valor real del coeficiente de variación. Pero las hipótesis que hay que hacer en el futuro son todavía menos rigurosas, por lo que sería inútil un cálculo más exacto.

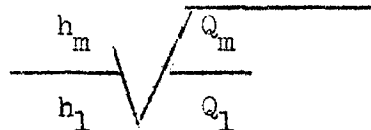
una conjugación de dos crecidas. Sin embargo, la probabilidad de una crecida conjugada es más débil que la probabilidad de cada una de las crecidas separadas.

La probabilidad de una variación triple de la del coeficiente de variación es de 7 / 10 000, lo que corresponde a  $3 \times 0.3 = 0.9$ , es decir, una crecida de  $50 \times (1 + 0.9) = 95 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Como la probabilidad de llegar a un caudal doble por conjugación de dos crecidas diferentes es inferior a la de una sola crecida, puede considerarse absolutamente despreciable la probabilidad de una crecida de 2 veces  $95 \text{ m}^3/\text{s}$ , o sea  $2 \times 95 = 190 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Como las pendientes de las paredes de la sección del valle del río Mame son inferiores a  $45^\circ$ , la superficie de la sección del valle sería superior a  $h^2$  (siendo  $h$  la altura total del agua arriba del fondo del río). <sup>10/</sup>

La velocidad de la corriente es más fuerte en período de crecida y la altura del agua varía entonces menos rápidamente que la raíz cuadrada del caudal, <sup>11/</sup> de donde:



con  $h_1 = 2.50 \text{ m}$   $Q_1 = 50$

$Q_m / Q_1 = 190 / 50 = 3.8$

de donde  $h_m < 1.95 \times 2.50$

$Q_m = 195$

$\sqrt{3.8} = 1.95$

$h_m < 4.90 \text{ m}$

<sup>10/</sup> La superficie  $S$  de una sección triangular cuyos lados tienen por pendiente  $\text{tg } \alpha$  es  $h b$  (donde  $b$  es la semianchura) y  $h/b = \text{tg } \alpha$  de donde  $b = h/\text{tg } \alpha$  y  $S = h^2/\text{tg } \alpha$ . Así,  $S$  es inversamente proporcional a  $\text{tg } \alpha$

<sup>11/</sup> Para un canal de sección triangular sería  $v = \sqrt{g h \cos \alpha p/j}$ , siendo  $p$  la pendiente del lecho del canal y  $j$  un coeficiente de frotamiento. Si  $p/j$  es constante,  $h_m/h_1 = (Q_m/Q_1)^{0.4}$ , de donde  $h = 4.25 \text{ m}$ . En el texto la aproximación corresponde a tomar 0.5 como exponente en lugar de 0.4. De hecho, el suplemento aparente de precisión obtenido, tomando 0.4 es ilusorio porque  $p/j$  no es constante en período de crecida. Por otra parte, la hipótesis de un valle de sección regularmente triangular es aproximada.

A pesar de la imprecisión del cálculo así efectuado, cabe concluir que la probabilidad de una crecida de 5 m de altura es muy despreciable en Pueblo Viejo, lo que, por otra parte, parece confirmado por las informaciones verbales recogidas de los habitantes del pueblo.

#### IV. Regularización del caudal del río Mame y posibilidades de una instalación hidroeléctrica

##### 1. Regularización eventual del caudal del río Mame

###### a) Ventaja de la regularización

Una regularización eventual del caudal del río Mame aumentaría considerablemente la latitud dejada a la elección del sitio de la fábrica, puesto que el caudal mínimo aumentaría considerablemente.

Sin embargo, como inmediatamente aguas abajo de Pueblo Viejo hay un caudal mínimo absoluto de suficiente importancia para el proyecto actual, la regularización del caudal del río es una condición impuesta por este proyecto. Su interés sólo llegaría a ser de verdadera importancia si se deseara aumentar considerablemente la fábrica prevista o si así fuera posible obtener una fuente de energía hidroeléctrica con la que emprender otras fabricaciones grandes consumidoras de energía. Tal sería el caso de la fabricación del papel en general y principalmente del papel de diarios. Aunque estas fabricaciones no forman parte del proyecto actual, más tarde podrían ser tomadas en consideración. Por otra parte, la producción de energía hidroeléctrica por medio del río Mame no parece un proyecto muy favorable, por lo que tendría que hacerse un estudio concienzudo antes de pronunciarse acerca de su rentabilidad.

###### b) Volumen de agua disponible en un año

La estimación efectuada según la pluviometría promedia permite deducir como se ha visto, un caudal medio anual en Pueblo Viejo, (aguas abajo de la confluencia con el río Alao) de  $8.5 \text{ m}^3/\text{s}$ . Las mediciones de 1957 dan una estimación de  $7.3 \text{ m}^3/\text{s}$  y las de 1958 de  $10.7 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En 1957 faltan los informes de enero, febrero y marzo (mes seco). Como la pluviometría promedia en la región es del orden de 20 mm durante los meses secos y 180 mm en julio, o sea 9 veces más intensa, para estimar provisionalmente el caudal de los meses secos de 1957, se tomó  $1/9$  del promedio de los caudales de julio, o sea  $17.7 / 9 = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

El promedio de los 5 meses de lluvia, de junio a octubre inclusive, es de  $13.7 \text{ m}^3/\text{s}$  y el de los meses secos  $2.77 \text{ m}^3/\text{s}$ .

/En 1958

En 1958 hubo 7 meses de lluvia con un promedio de  $15.3 \text{ m}^3/\text{s}$  y 5 meses secos con un promedio de  $4.3 \text{ m}^3/\text{s}$ .

En 1957 se hubieran acumulado:

$$7 (7.3 - 2.77) / 12 \times 7.3 = 0.36 \quad (36 \text{ por ciento del caudal anual})$$

y en 1958:

$$5 (10.7 - 4.3) / 12 \times 10.7 = 0.249 \quad (25 \text{ por ciento del caudal anual})$$

Se puede decir, grosso modo, que la acumulación a prever para una buena regularización es del orden de 30 por ciento del caudal total anual, volumen que corresponde a presas-depósitos de capacidad muy grande. El único sitio que al parecer podría considerarse en primera aproximación, para tal obra estaría situado un poco aguas abajo de Guata, donde el valle se estrecha mucho. El caudal a considerar sería entonces el del río en su corriente superior. La situación sería la que muestra el cuadro 14.

Cuadro 14

	Superficie de las cuencas vertientes (Km <sup>2</sup> )	Caudal promedio anual (m <sup>3</sup> /s)
Cuenca aguas abajo de Guata	400	<u>2.8</u>
Misma cuenca + río Bocana	470	3.3
Cuencas más arriba + río Salitre	800	5.6 <u>5.1</u> <sup>a/</sup>
Cuencas más arriba + corriente promedio hasta aguas abajo de la confluencia del río Alao	1 200	8.5

a/ Sin el río Bocana.

Se ve que el caudal promedio a tomar en cuenta sería bastante escaso ( $2.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ); en cambio, si fuese posible captar el río Salitre y hacerle concurrir a rellenar el depósito, casi se doblaría el caudal regularizado.

En la hipótesis menos favorable habría de acumularse el 30 por ciento de  $2.8 \times 31.54 \times 10^6 = 26.5 (10^6) \text{ m}^3$ , es decir, unos 26 millones de  $\text{m}^3$ .

En la hipótesis más favorable debería acumularse  $0.3 \times 5.1 \times 31.54 \times 10^6 = 48.2 (10^6) \text{ m}^3$ .

/Una presa

Una presa de unos 60 metros de altura<sup>12/</sup> permitiría acumular unos 43 millones de m<sup>3</sup>, pero si se bajara de 10 m la cuesta de la cima de la presa, la acumulación se reduciría a 17 millones de m<sup>3</sup>. (Véase el apéndice VI). Para obtener algo interesante habría que pensar en una obra importante y desviar la corriente del río Salitre, lo que constituiría un problema bastante difícil.

Sería necesario, por supuesto, un estudio geológico para saber si son favorables las condiciones del terreno.

En el supuesto de que lo fueran, durante los meses secos se dispondría de un suplemento de caudal del orden de 40/15.75, o sea 2.5 m<sup>3</sup>/s, lo que elevaría el caudal del río después de la presa a unos 4.5 m<sup>3</sup>/s en la estación seca y a más o menos 5.5 m<sup>3</sup>/s en la estación de lluvias.

## 2. Producción de energía hidroeléctrica

La regularización de la corriente superior del río tendría ciertas ventajas para la fábrica. Una de ellas sería la posibilidad de escoger un sitio cerca del lago artificial, o sea cerca de Guata, lo que reduciría algo la distancia promedio de transporte de la madera. El agua sería decantada y se simplificaría mucho el problema de su purificación en la estación de lluvias. Habría absoluta seguridad en cuanto a la alimentación del agua misma durante las estaciones más excepcionalmente secas, y como el caudal regular del río es más del doble del caudal mínimo, la evacuación de las aguas usadas no ofrecería tantos peligros de contaminación en los períodos muy secos. Sin embargo, todas estas ventajas no parecen justificar obras tan onerosas como éstas sólo con fines de regularización; debe examinarse por eso si harían posible también la generación de electricidad.

---

<sup>12/</sup> La superficie del lago sería entonces de 4 Km<sup>2</sup> y la pérdida por evaporación de 4 mm/día; o sea durante 6 meses 6 x 30 x 4 = 720 mm. Esta pérdida es del orden de 0.7 x 4 = 2.8 millones de m<sup>3</sup> y deja la acumulación neta de unos 40 106 m<sup>3</sup>.



El salto producido por la presa sería del orden de 55 m en promedio, lo que representa, con 7.8 KW por m<sup>3</sup>/s y por m de altura<sup>13/</sup> una potencia permanente de

$$7.8 \times 55 \times \frac{(4.5 + 5.5)}{2} = 2\ 145 \text{ KW}$$

y por año

$$8\ 700 \times 2\ 145 = 18\ 660\ 000 \text{ KWH}$$

El KWH producido en el aceite combustible cuesta aproximadamente un centavo de dólares (precio del combustible). La economía eventual<sup>14/</sup> sería de 186 660 dólares por año. Si se supone una rentabilidad en bruto de 20 por ciento, la inversión para el arreglo hidroeléctrico no tendría que exceder de

$$180\ 660 \times 5 = 933\ 000 \text{ dólares}$$

Es probablemente la importancia del costo de la presa sola, admitiendo que su construcción no presente ninguna dificultad particular. Se tendría que añadir también el costo de la derivación del río Salitre --no despreciable-- y de los grupos turboeléctricos.

Sería muy interesante crear un segundo salto aprovechando la pendiente del valle del río Mame aguas abajo de la presa. Para examinar esta posibilidad, la Dirección General de Cartografía de Honduras estableció, según las fotografías aéreas a 1:60 000, un mapa topográfico del valle del río Mame entre Pueblo Viejo y la confluencia del río Salitre.<sup>15/</sup>

13/ La aceleración de la gravedad a 15° de latitud es de unos 9.78 m/s<sup>2</sup>. Para una altura de salto de h metros, el trabajo es: 9.78 h x 1 000 julios por m<sup>3</sup>, es decir

$$9.78 \text{ KW por m}^3/\text{s y por metro de altura}$$

El rendimiento de las turbinas sería 0.85 y el de los alternadores 0.95, o sea 0.85 x 0.95 = 0.807, o cerca de 0.8 de rendimiento global. Un m<sup>3</sup>/s con 1 m de salto equivale a:

$$0.80 \times 9.78 = 7.82 \text{ KW/metro de altura/m}^3/\text{s}$$

14/ El precio del aceite combustible es 27 dólares/tonelada en la fábrica y se gastan 0.38 Kg de aceite combustible/KWH. Así resultaría:

$$0.38 \times 0.027 = 0.0103 \text{ dólares/KWH}$$

La economía de combustible no tiene importancia en el caso del proyecto de la fábrica de celulosa kraft y el aserradero, pues se equilibra el punto de vista termoenergético con la ayuda de los desperdicios del aserradero y las cortezas.

15/ No ha sido posible obtener nuevas fotografías aéreas de la región.

/Por desgracia

Por desgracia no hay fotografías de la región de Guata ni de la zona mencionada, lo que hace muy poco exacta la confluencia de los dos mapas a 1:12 000 a causa, por una parte, de la ausencia de buenos puntos de control en altitud y, por otra, de que la restitución es menos buena en los bordes de las fotografías.

El examen de estos mapas a 1:12 000 demuestra, sin embargo, que deben preverse grandes dificultades para efectuar, a partir de la presa considerada, una aducción de agua que permita obtener fuertes nivelaciones. El terreno es muy accidentado y de ahí la necesidad de canales o conductos de gran longitud y de obras —acueductos, sifones, galerías subterráneas— muy costosas. No se podría, pues, pensar en utilizar en un solo salto la desnivelación de 250 m que habría entre el pie de la presa y Pueblo Viejo, y habría que fraccionar las instalaciones hidroeléctricas en varios pequeños grupos dispuestos a lo largo del valle.

Parece que la parte más interesante estaría situada entre el pie de la presa y algo más abajo de la confluencia del río Salitre —por lo que es muy lamentable la ausencia de topografía de este punto— pudiéndose obtener de 130 a 150 m de salto. En este caso, con un caudal promedio de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$  se tendría un suplemento de potencia<sup>16/</sup> de

$$140 \times 7.8 \times 5 = 5\,460 \text{ KW}$$

Por año, en 8 700 h de utilización, serían  $8\,700 \times 5\,460 = 47.5$  millones de KWH, lo que equivale a 475 000 dólares de aceite combustible. Por lo tanto, para producir una rentabilidad en bruto de 20 por ciento, habría que invertir alrededor de 2 375 000 dólares.

Lo que queda del valle hasta Pueblo Viejo debería fraccionarse en escasos trozos aparentemente de dudoso interés. En resumen, en el mejor supuesto para obtener una potencia continua del orden de 7 600 KW, habría que invertir unos 3 300 000 dólares, lo que sólo sería justificable si esta potencia hubiera de ser absorbida por la fábrica de celulosa y papel a fin de economizar el aceite combustible.

16/ Además de la potencia producida por el grupo situado al pie de la presa.

El conjunto de las instalaciones necesarias<sup>17/</sup> para obtener esta potencia supondría la derivación del río Salitre, la presa de Guata, los grupos hidroeléctricos del pie de la presa, la aducción de agua desde el pie de la presa hasta el segundo salto y la segunda planta eléctrica. Todo esto habría de realizarse en condiciones topográficas difíciles.

3. Conclusiones concernientes a las posibilidades de obtención de energía eléctrica

Sería necesario un estudio mucho más serio para determinar si estas instalaciones podrán realizarse en condiciones aceptables de rentabilidad.

La energía eléctrica así producida sería demasiado cara para transportarla a larga distancia y sólo tendría interés si pudiera utilizarla la fábrica de celulosa y papel proyectada, cuando llegara el caso de ampliar el proyecto actual extendiéndolo a fabricaciones consumidoras de energía como las de papel kraft y principalmente de papel de diarios.

Habría que considerar también otras posibilidades, en particular las que podrían resultar de estudios hidroeléctricos que han sido discutidos en Honduras.

En el caso, por ejemplo, de que se realice el estudio del río Lindo, la distancia en línea recta desde Pueblo Viejo hasta dicho río sería del orden de 1°30' de arco de paralelo, o sea cerca de 160 Km. El costo de una línea de transporte de fuerza para esta distancia es probable que fuera menor de la mitad del precio que resultará de los estudios considerados arriba.

También si se llevaran a cabo proyectos de aprovechamiento hidroeléctrico en la región del río Guayape, las distancias a considerar serían del mismo orden o ligeramente inferiores.

<sup>17/</sup> Una estimación muy burda, que sólo intenta dar escalas de importancia (consideradas más bien optimistas por los especialistas consultados oficiosamente), sería la siguiente:

Derivación del río Salitre por caudal máximo: unos 10 m <sup>3</sup> /s	
15 Km de canal a 30 000 dólares/Km	450 000
0.4 Km de galerías a 30 000 dólares/Km	120 000
Presa de Guata	1 000 000
Grupos de 2 500 KW y planta eléctrica	500 000
Aducción de 6 m <sup>3</sup> /s, 7 Km de canal a 25 000 dólares/Km	175 000
Conductos a través del valle, 300 m: de 30 000 a 40 000 dólares	40 000
Conducto forzado	150 000
Grupos de 6 000 KW y planta eléctrica	1 200 000
Total	3 635 000

/En conclusión,

En conclusión, el aprovechamiento hidroeléctrico del río Mame no ofrece interés para el proyecto actual. Para el futuro, aunque el interés es dudoso, los estudios efectuados no son lo bastante precisos para formular una conclusión.

Si la fábrica necesitara en el futuro energía eléctrica complementaria del orden de 7 000 a 10 000 KW, transportarla desde el río Lindo parece más ventajoso que arreglar con tal fin el río Mame.

## V. ESTUDIO DE LA COMPOSICION QUIMICA DEL AGUA DEL RIO MAME

### 1. Calidades exigidas para el agua empleada en la fábrica y las instalaciones anexas

En el cuadro 5 se dieron indicaciones sumarias sobre la naturaleza del tratamiento requerido por el agua en sus distintos usos por lo que respecta al proyecto de que se trata. Aquí sólo es el caso de ocuparse del agua de fabricación, que representa la casi totalidad del consumo.

La calidad exigida para el agua de fabricación difiere según la naturaleza de las fabricaciones consideradas. En efecto, las especificaciones son mucho más severas si se trata de fabricar papeles blancos finos, por ejemplo, que si se trata de producir celulosa kraft no blanqueada. En el primer caso es evidente que sólo exige una gran pureza la parte de agua utilizada para la fabricación de papel y no toda el agua de fabricación consumida.

Como es posible que en el futuro se agregue a la fábrica de celulosa la fabricación de papel, en el cuadro 15 se indican las especificaciones exigidas para la fabricación de papel según las normas TAPPI.

Hay que eliminar primero la categoría 4, cuya fabricación es poco probable en el futuro o que se emprendería en cantidades muy pequeñas para las cuales sería fácil purificar la fracción de agua necesaria.

Considérese, por otra parte, que para la fabricación de celulosa sólo se utiliza el agua en las últimas etapas de lavado (después del blanqueo eventual) que requiere estándares altos. En efecto, para llenar los digestores, por ejemplo, no hace falta ser exigente por la cantidad

/Cuadro 15

Cuadro 15

Máximo de impurezas en el agua de fabricación

(p.p.m = mg/l)

	A	B	C	D
Turbiedad	10	40	100	50
Color (unidades P <sub>t</sub> )	5	25	100	30
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	100	100	200	200
Dureza (CaCO <sub>3</sub> )	50	-	-	-
Alcalinidad (metil orange)	75	75	150	150
Hierro	0.1	0.2	1.0	0.3
Manganeso	0.05	0.1	0.5	0.1
Cloro libre	2	-	-	-
Sílice soluble	20	50	100	50
Sólidos disueltos totales	200	300	500	500
CO <sub>2</sub> libre	10	10	10	10
Cloruros (en Cl)	-	200	200	75

A Papeles blancos de lujo (excluidos los papeles especiales, fotográficos, para tocador, etc).

B Papeles blancos estándar

C Papeles no blanqueados

D Papel de diarios

/considerable

considerable de productos químicos introducidos en el agua y de materias orgánicas disueltas a partir de la madera durante la cocción. En cambio, sí debe tomarse en cuenta la cantidad de materia sólida mineral en suspensión en el agua, que en ciertos casos puede ser muy fuerte y habría de ser reducida.

Para la producción de celulosa blanqueada la presencia de hierro y manganeso es muy perjudicial, porque la blancura de la celulosa se ve muy afectada con dichos productos.

## 2. Naturaleza del agua del río Mame

La pureza del agua del río varía sensiblemente según la estación. En efecto, en estación de lluvias el agua de chorreo arrastra gran cantidad de lodos, mientras que en estación seca el agua proviene de la capa freática, y es así filtrada. Parece que la cantidad de materias disueltas también varía según la estación. Otra dificultad para la comparabilidad de los análisis se debe a que se hicieron en diferentes laboratorios y a que las impurezas se encuentran en cantidades débiles (fracción de miligramos por litro) y de difícil dosificación.

En el apéndice VII se reproducen los boletines de análisis y puede verse un resumen de los mismos en el cuadro 16.

La columna A de dicho cuadro se refiere a una porción tomada en estación seca; como se puede ver está dentro de los límites de las normas TAPPI para el papel no blanqueado y muy cerca de los límites para los papeles blancos. En consecuencia, el agua podría emplearse para la celulosa no blanqueada y blanqueada tal vez sin tratamiento alguno durante este período.

En cambio, los demás análisis, hechos durante la estación de lluvias, acusan en el agua una turbiedad demasiado fuerte que puede apreciarse por las cantidades de sólidos en suspensión cuando no hay cifras que indiquen la turbiedad.

Las únicas cifras alarmantes son las del hierro y el manganeso en el análisis de la columna B, pero los otros análisis de comprobación que hicieron el STICA y 2 laboratorios más, no confirman estos valores altos,

/Cuadro 16

Cuadro 16

Resultados del análisis del agua del Río Mame  
en su confluencia con el Río Alao

(p.p.m. = mg/l)

	A	B	C	D	E	Mínima TAPPI	
						Papeles no blanqueados	Papeles blancos
PH	-	6.5	-	-	6.5		
Turbiedad	-		-	-	360	100	40
Color	-	40	-	-	30	100	25
Sólidos en suspensión	250	759	-	43	440		
Sólidos disueltos	450	166	-	626	140	500	300
Sólidos totales	700	925	293	469	580		
Dureza total	115	82	-	-	116	200	100
Dureza (Ca CO <sup>3</sup> )	105	-	-	-	119		
Alcalinidad	3	92 <sup>a/</sup>	-	-	<sup>b/</sup>	150	75
Hierro	Trazas	6	1.5	0.5 <sup>c/</sup>	0.24 <sup>c/</sup>	1.0	0.2
Manganeso	Trazas	0.3	-	-	-	0.5	0.1
Cloruros	-	8	-	-	8	200	200
CO <sup>2</sup> libre	-	4 <sup>a/</sup>	-	-	72	10	10
Sulfatos	-	6.6	-	-	24		
Sílice	-	287	-	-	-	100	50

A = Muestra tomada el 27 de mayo de 1957, Laboratorio del Servicio Forestal de Honduras

B = Muestra tomada el 8 de julio de 1958 (después de las lluvias). Laboratorio del STICA, Tegucigalpa, D.C.

C = Muestra tomada el 9 de agosto de 1958 (después de las lluvias). Laboratorio del STICA, Tegucigalpa, D.C.

D = Muestra tomada el 4 de agosto de 1958 (después de las lluvias). Laboratorio del Dr. Fermín Durón, Tegucigalpa, D.C.

E = Muestra tomada el 26 de agosto de 1958, Laboratorio del Servicio Hidráulico de México, D.F.

<sup>a/</sup> Expresado en Ca CO<sup>3</sup>.

<sup>b/</sup> Alcalinidad F (alcalinidad total 119).

<sup>c/</sup> Expresado en hierro.

/Por lo que

Por lo que concierne al  $\text{CO}^2$  libre, aparece un poco alto en el análisis hecho en México, pero no es afectado por la fabricación de la celulosa. Sin embargo, sería muy fácil desembarazarse de él.<sup>18/</sup>

En cuanto a la cifra un poco alta de sílice indicada en el análisis B del STICA debe considerarse que se trata del sílice total en suspensión y solución y no del sílice disuelto, ya que sólo hay 166 mg/l de sólidos totales en solución.

Hay que notar también que en esta estación de lluvias hay una proporción bastante fuerte de materias orgánicas (análisis STICA 84 p.p.m. de materias volátiles y 71 p.p.m. de oxígeno consumido en el análisis de México).

### 3. Tratamiento a prever

De los resultados anteriores se desprende que el agua más conveniente para la fabricación de celulosa no blanqueada y blanqueada, en estación seca, es con una sola filtración y la estación de lluvias con un tratamiento clásico de floculación (decanter filtration). Es decir, en estas condiciones hay que prever el equipo para la estación de lluvias y durante la estación seca simplemente se reduciría el consumo de sulfato de aluminio empleado en la floculación.

Sin embargo, durante el estudio final y la construcción de la fábrica será prudente hacer frecuentes análisis para examinar las fluctuaciones de composición química, lo que permitiría decidir si hace o no falta añadir para una parte del agua destinada al blanqueo una pequeña instalación de dehierrización.

En cuanto al agua destinada a compensar las pérdidas de agua destilada para las calderas de alta presión, debe llamarse otra vez la atención sobre el hecho de que hay que prever además del tratamiento

---

<sup>18/</sup> Las dos determinaciones de PH inclinan a la hipótesis de un agua un poco ácida, pero hay que notar que las determinaciones de PH no tienen valor más que si están hechas inmediatamente después de la toma de las fracciones, es decir, en el mismo lugar. La acidez del agua puede atacar a los tubos de acero, lo que es molesto e introduce hierro. Es muy fácil anular la acidez poniendo cal en el agua y volviendo a suavizar el agua. En el caso presente la dureza total es escasa y el suavizamiento sería inútil.



estándar anterior, otro especial destinado a llenar las características requeridas.

Por último, el agua destinada al pueblo podrá tomarse desde la estación de filtración --decantación y ~~ser~~ esterilizada con cloro. Como variante, se podrá ver si no es posible captar una pequeña fuente cerca del pueblo, pero siempre habrá que prever la esterilización de esta agua y del agua potable distribuida en la fábrica y también, si se puede, de toda el agua de limpieza distribuida en la fábrica a los grifos accesibles al personal. Esta esterilización es poco cara para una fábrica que hace su propio cloro.

## VI. EVACUACION DE LAS AGUAS RESIDUALES Y PROBLEMAS RELATIVOS A LA CONTAMINACION DE LOS RIOS

### 1. Naturaleza del agua a evacuar

Hay que distinguir entre las aguas usadas provenientes de las instalaciones de la fábrica, el agua residual de la ciudad del personal y de los servicios sanitarios de la fábrica y el agua de chorreo proveniente de los techos y de la plataforma de la fábrica (problema de las alcantarillas).

### 2. Cantidad de agua usada proveniente de las fabricaciones

La cantidad de agua usada proveniente de la fabricación es igual a la cantidad de agua consumida menos las pérdidas por evaporación.

Es fácil darse cuenta del poco valor relativo del agua perdida por evaporación. En efecto, el agua evaporada en los aparatos de concentración y una parte de la evaporada al secar la celulosa es condensada y cuidadosamente recuperada, porque el agua destilada es de mucho valor. En fin, se pierde sobre todo el agua evaporada por la chimenea de la caldera de recuperación y el agua del fogón de cal.

Como hay unos 1 300 Kg de materia seca enviada a la caldera de recuperación por tonelada de celulosa y esta materia tiene menos de 50 por ciento de agua, se pierde menos de 1 tonelada de agua por tonelada de celulosa en la caldera de recuperación. Lo que se pierde en el fogón de cal es más o menos del mismo orden. Si no se recuperara el agua evaporada de la prensa de celulosa, se perderían por evaporación de 1 a 2 toneladas de agua por tonelada de celulosa o

papel. Se ve que, en total, sólo hay pocos metros cúbicos de agua que se pierde por evaporación por tonelada de celulosa o de papel producida, mientras que el consumo es de 100 a 250 m<sup>3</sup> por tonelada. En conclusión, se puede depreciar el agua evacuada por evaporación y decir que prácticamente toda el agua consumida vuelve a servir en forma de agua residual. El volumen de ésta, pues, sería:

0.36 m <sup>3</sup> /s	por	240-250	t/d	de celulosa no blanqueada
0.53 "	"	"	"	celulosa 50% no blanqueada y 50% blanqueada
1.30 "	"	"	"	en caso de ampliación máxima de las producciones y de la fábrica

### 3. Condiciones estándar de contaminación

En los casos de las grandes fábricas de celulosa y papel situadas sobre el río Tennessee al sur de los Estados Unidos se admite en un 1 por ciento del caudal del río la cantidad de agua usada que se permita evacuar en él.

En el informe Chile, futuro exportador de papel y celulosa, citado repetidamente en este estudio, las cifras indicadas para la evacuación tolerable sin contaminación serían cerca de 3 veces más altas.

Adoptar el interés límite de los Estados Unidos nos conduciría a exigir que, cuando recibiera las aguas usadas, el río tuviera un caudal mínimo en período de aguas bajas de 36 m<sup>3</sup>/s en el caso del proyecto de 250 t/d de celulosa no blanqueada y de 130 m<sup>3</sup>/s para la ampliación futura. Esto equivaldría a prohibir la instalación de la fábrica de celulosa y papel en Honduras fuera de los sitios situados cerca del mar.

Nótese, sin embargo, que las proporciones de contaminación, aun siendo tres veces más altas que en los Estados Unidos, muy a menudo son superadas en la práctica en países muy poblados de Europa, donde pocas fábricas podrían disponer de ríos con caudales tan considerables durante el estiaje.

Se hace notar asimismo que es inútil imponer condiciones muy bajas de contaminación si el agua de los ríos es ya normalmente muy contaminada.

4. Condiciones particulares de contaminación causada por la evaporación de las aguas de fabricación de la fábrica en el río Mame

No es fácil determinar exactamente la composición del agua residual evacuada por la fábrica, porque las pérdidas en productos químicos se reparten entre los humos y el agua evacuada en una proporción difícil de evaluar. En cambio, es posible formarse una idea bastante exacta del límite superior de las impurezas del agua evacuada admitiendo que todos los productos orgánicos y químicos perdidos por la fábrica pasan en el agua evacuada. Esta observación nos ha permitido recoger en el cuadro 17 las concentraciones máximas que cabe temer en el agua residual.

Se ha establecido este cuadro partiendo de la hipótesis de una fabricación de 300 t/día de papeles diversos (inclusive papeles blancos con fabricación de cloro por electrolizadores de mercurio). Esta hipótesis es evidentemente más desfavorable que la de la fabricación de 250 t/día de celulosa kraft (50 por ciento no blanqueada y 50 por ciento blanqueada), pero tiene el fin de reservar el porvenir y las posibilidades de ampliación de la fábrica.

Estas informaciones han sido comunicadas a los Servicios Rurales de Salud Pública de Honduras, donde las examinaron el Dr. Carlos Ferrufino y el ingeniero J. Freedman, expertos de las Naciones Unidas que tuvieron la amabilidad de dar sus propias conclusiones. Se insertan en este informe copias de la correspondencia intercambiada y del informe del ingeniero J. Freedman. (Véase el apéndice VIII).

Resulta que la proporción de contaminación no es considerada peligrosa en el caso de la fábrica en su mayor ampliación y durante los períodos del caudal mínimo absoluto normal del río Mame en estación seca ni por consiguiente, en el de fábricas más pequeñas y durante el resto del año.

El razonamiento que antes se hizo acerca de la posibilidad de reducir los caudales mínimos anuales absolutos en años excepcionalmente secos no modifica sensiblemente esta conclusión. En efecto, si entonces la fábrica se hubiese ampliado al máximo, no tendría bastante agua durante los pocos días considerados y no podría trabajar al máximo. En cambio, si se hicieran trabajos de regularización para evitar esta improbable eventualidad, el caudal del río volvería al mínimo normal.

Cuadro 17

Concentración de los productos desechados por la  
 fábrica en las aguas usadas (gr por m<sup>3</sup>)

(p.p.m.)

	En el agua saliendo de la fábrica	En el agua del río Mame, caudal 1.6 m <sup>3</sup> /s	En el agua del río Mame, caudal 5 m <sup>3</sup> /s
Sosa combinada <u>a/</u> (en eq: NaOH)	58	36	11.6
CO <sup>3</sup> Na <sup>2</sup>	29	18	6.8
Azufre <u>b/</u>	1.8	1.1	0.36
Cloro y sodio <u>c/</u> (en eq: Na Cl)	203	127	40.6
CO <sup>3</sup> Ca	58	36	11.6
Mercurio <u>d/</u>	0.019	0.012	0.0038
Sulfato de aluminio	130	81	26
TiO <sup>2</sup>	0.49	0.31	0.1
Caolín	12	7.5	2.4
Materias orgánicas: fibras de celulosa	87	54	17.4
Lignina y hemicelulosa <u>e/</u>	254	159	51
Resina	35	22	7

a/ Principalmente combinada con la lignina en forma de complejos bastante estables de los cuales cerca de 1/3 se descompone por la acción del gas CO<sup>2</sup> concentrado.

b/ En forma de complejos orgánicos con la lignina.

c/ En su mayoría en forma de NaCl.

d/ Concentración probablemente muy escasa y difícilmente descubierta por el análisis.

e/ Principalmente lignina combinada parcialmente con sosa.

5. Evacuación de las aguas de chorreo de los techos y de la plataforma

Este problema deberá considerarse bajo el ángulo de la construcción de la red de alcantarillado más bien que bajo el de la contaminación del agua, puesto que este último punto de vista carece de interés práctico. En efecto, las grandes precipitaciones se producen normalmente en los períodos de grandes caudales del río y el chorreo que proviene de la plataforma y de los techos de la fábrica no ofrecería nada de particular en comparación con las impurezas que normalmente lleva el chorreo a lo largo de las pendientes del valle del río.

Apéndice I

REGISTRO PLUVIOMÉTRICO EN PUEBLO VIEJO,  
 DEPARTAMENTO DE OLANCHO, DURANTE 1958

En enero no hubo registros

Fecha	Precipitación pluvial (pulgadas)	Fecha	Precipitación pluvial (pulgadas)	Fecha	Precipitación pluvial (pulgadas)
<u>Febrero</u>				<u>Mayo</u>	
19	0.04	27	0.00	1	0.00
20	Trazas	28	0.00	2	0.00
21	0.00	29	0.00	3	0.00
22	0.00	30	0.00	4	0.00
23	0.00	31	0.00	5	0.00
24	0.00			6	0.00
25	0.00	<u>Abril</u>		7	0.00
26	0.00	1	0.00	8	0.00
27	0.00	2	0.00	9	0.00
28	0.00	3	0.00	10	0.00
		4	0.00	11	0.00
		5	0.00	12	0.00
<u>Marzo</u>		6	0.00	13	0.00
1	0.00	7	0.00	14	0.36
2	0.00	8	0.00	15	0.01
3	0.00	9	0.00	16	0.09
4	0.00	10	0.00	17	0.00
5	0.00	11	0.00	18	0.00
6	0.00	12	0.00	19	0.00
7	0.00	13	0.00	20	0.09
8	0.00	14	0.00	21	0.05
9	0.00	15	0.00	22	0.32
10	0.00	16	0.00	23	0.84
11	0.00	17	0.00	24	0.17
12	0.00	18	0.00	25	0.18
13	0.00	19	0.00	26	0.11
14	0.00	20	0.00	27	0.02
15	Trazas	21	0.00	28	0.00
16	0.00	22	0.00	29	0.00
17	0.00	23	0.00	30	0.00
18	0.00	24	0.00	31	0.30
19	0.00	25	0.00		
20	0.55	26	0.00	<u>Junio</u>	
21	0.11	27	0.00	1	0.06
22	0.00	28	0.00	2	0.00
23	0.00	29	0.00	3	0.70
24	0.00	30	0.00	4	0.25
25	0.00			5	0.32
26	0.00				

/Junio

Junio

6	0.00
7	0.00
8	0.37
9	0.60
10	0.60
11	0.02
12	0.45
13	0.00
14	0.00
15	0.02
16	0.00
17	0.03
18	0.00
19	0.00
20	0.00
21	0.00
22	0.00
23	0.24
24	0.00
25	0.01
26	0.02
27	0.14
28	1.00
29	0.00
30	0.00

Julio

1	0.47
2	0.27
3	0.04
4	0.65
5	0.07
6	0.05
7	0.55
8	0.07
9	0.20
10	0.32
11	0.15
12	0.33
13	0.00
14	0.35
15	0.04
16	0.35
17	0.38
18	0.03
19	
20	
21	

Julio

19	0.00
20	0.31
21	0.10
22	0.00
23	1.35
24	0.05
25	0.25
26	0.14
27	0.00
28	0.00
29	0.55
30	0.20
31	0.25

Agosto

1	0.48
2	0.00
3	0.00
4	0.75
5	0.06
6	0.22
7	0.70
8	0.00
9	0.00
10	0.00
11	0.07
12	0.07
13	0.00
14	0.00
15	1.00
16	0.50
18	0.00
19	0.00
20	0.00
21	0.00
22	0.00
23	0.07
24	0.65
25	0.06
26	0.00
27	0.01
28	0.01
29	0.08
30	0.01
31	0.09

Septiembre

1	0.13
2	0.04
3	0.03
4	0.00
5	0.01
6	0.40
7	0.20
8	0.14
9	0.25
10	0.00
11	0.11
12	0.22
13	0.01
14	0.24
15	0.00
16	0.55
17	0.00
18	0.00
19	0.18
20	0.70
21	0.26
22	0.26
23	0.00
24	1.05
25	0.00
26	0.78
27	0.00
28	0.40
29	0.39
30	0.20

Octubre

1	2.26
2	0.16
3	0.15
4	0.00
5	0.00
6	Trazas
7	0.00
8	0.00
9	0.00
10	0.26
11	0.57
12	0.40
13	0.02

/Octubre

<u>Octubre</u>		<u>Diciembre</u>	
14	0.24	1	0.00
15	0.58	2	0.18
16	0.91	3	0.24
17	0.73	4	0.00
18	0.02	5	0.15
19	0.01	6	0.00
20	0.00	7	0.00
21	1.63	8	0.32
22	0.04	9	0.29
23	0.04	10	0.20
24	0.13	11	0.00
25	0.05	12	0.00
26	0.00	13	0.00
27	0.08	14	0.00
28	0.00	15	Trazas
29	0.00	16	Trazas
30	0.12	17	0.00
31	0.28	18	0.61
		19	0.10
		20	0.00
		21	0.12
		22	0.40
		23	0.19
		24	0.00
		25	0.00
		26	0.00
		27	0.00
		28	0.00
		29	0.00
		30	0.00
		31	0.00
<u>Noviembre</u>			
1	0.00		
2	0.10		
3	0.00		
4	0.00		
5	0.00		
6	0.00		
7	0.00		
8	Trazas		
9	0.00		
10	1.02		
11	0.85		
12	Trazas		
13	0.41		
14	0.82		
15	0.50		
16	0.01		
17	0.00		
18	0.00		
19	0.12		
20	0.00		
21	0.00		
22	Trazas		
23	0.00		
24	0.03		
25	0.00		
26	0.02		
27	0.00		
28	Trazas		
29	0.00		
30	0.15		



RESUMEN

	Máximo	Promedio	Mínimo
Enero	No hubo registros		
Febrero	0.04	0.04	0.00
Marzo	0.55	0.33	0.11
Abril	0.00	0.00	0.00
Mayo	0.84	0.21	0.01
Junio	1.00	0.30	0.01
Julio	1.35	0.28	0.04
Agosto	1.00	0.27	0.01
Septiembre	1.05	0.30	0.01
Octubre	2.26	0.42	0.01
Noviembre	1.02	0.14	0.01
Diciembre	0.61	0.09	0.10

Apéndice II

Precipitaciones mensuales (1) en Juticalpa  
(mm)

Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiem- bre	Octubre	Noviem- bre	Diciem- bre	Máxima de 3 años conse- cutivos
1944	25.6	41.2	3	3	44.2	294.9	171.4	150.5	224.1	108.3	175.9	20.8	138
1945	18.9	18.7	29.1	9	194.8	206.0	141.1	182.1	257.1	330.9	262.3	72.2	82
1946	95.9	45.4	97.0	8.1	93.0	204.6	151.0	161.6	389.4	300.4	69.3		79
1947	148.5	25.3	16.0	13.2	20.0	215.5	249.4	155.7	252.6	148.3	173.5	76.8	83
1948	89.7	51.5	0 -	53.8	175.0	300.9	294.2	52.8	50.6	311.7	160.0	47.0	118
total	378.6	182.1	75.1	87.1	527	1 221.9	1 007.1	702.7	1 166.8	1 199.6	841.0	216.8	
promedio	75.7	36.4	15.0	17.4	105.4	244.4	201.4	140.5	233.3	239.9	168.2	54.2	
1951	4.8	2.6	19.9	39.7	42.6	102.8	142.1	77.6	226.6	109.0	46.4	40.3	106
1952	35.7	7.6	2	18.0	273.4	153.8	128.5	114.7	190.5	66.3	80.3	19.7	155
1953	17.0	24.9	0 -	-	126.2	230.8	60.8	99.9	223.9	153.6	16.6	97.5	109
1954	46.6	6.1	49.2	115.2	70.0	291.5	187.6	124.4	194.2	249.6	14.1	8.4	103
1955	6.0	68.7	35.5	4.4	58.2	63.0	235.6	75.7	119.8	303.8	110.7	44.6	67
1956	8.6	27.6	18.6	14.9	62.3	267.7	208.8	122.6	97.7	91.0	151.9		93
total	118.7	142.5	125.2	192.2	632.7	1 109.6	963.4	614.8	1 052.7	973.3	420	140.5	
promedio	19.7	23.7	20.8	32.0	105.5	284.9	160.5	102.5	175.4	162.2	70	28.1	
1957	175.5	a/	b/	a/	a/	a/	446 b/	51.56	140.2	115.6	51.3	a/	127.0

Fuente: Boletines 1 y 2 de la Dirección General de Irrigación de Honduras

- a/ No hay mediciones disponibles
- b/ Cifras muy dudosas
- c/ 13-15 de julio

III septiembre

MAO/DAI/59/1  
 MAO/LMT/23  
 Pág. 109

Apéndice III

CAUDAL DEL RIO AGUAN

Mediciones aguas abajo de la boca del río San Marcos

		<u>Pies cúbi-</u> <u>cos/segundo</u>	<u>m<sup>3</sup>/segundo</u>	
1933	Abril 16	145.6	4.123	300'
	Mayo 5	106.6	3.019	"
1934	Abril 21	288.3	8.164	"
	Abril 27	362.2	10.256	"
1935	Abril 5	374.15	10.595	3 000
	Mayo 10	202.7	5.740	"
1936	Abril 13	205.8	5.828	"
	Abril 24	222.1	6.289	"
1939	Abril 20	162.4	4.599	1 200'
	Marzo 7	232.6	6.587	1 500'
	Abril 20	129.27	3.661	"
	Mayo 3	107.86	3.054	San Juan
	Mayo 3	142.86	4.045	San Marcos
1944	Mayo 8	83.95	2.377	Aguas abajo del río San Lorenzo
	Mayo 15	59.84	1.694	"

Mediciones en el punto de toma del San Lorenzo

1946	Abril 10	128	3.625
	Abril 30	108	3.058
	Mayo 10	110	3.115
	Mayo 24	55	1.557
1947	Marzo 24	200	5.663
	Abril 21	87	2.463
	Mayo 29	66	1.869
1948	Marzo 2	117	3.313
	Marzo 27	87	2.463
	Abril 20	76	2.152
	Mayo 10	44	1.246
1949	Feb. 21	94.4	2.673
	Marzo 11	50.9	1.441
	Marzo 25	41.6	1.178
	Abril 6	33.2	.940
	Abril 25	24.8	.702
	Mayo 2	29.7	.841
	Mayo 9	47.9	1.356
	Mayo 16	25.1	.711
	Mayo 30	25.5	.722
1950	Marzo 2	143	4.049

/Marzo

	Marzo	30	60.4	1.710	
	Abril	23	88.6	2.509	
	Mayo	18	23.8	.674	
1951	Marzo	7	260.49	7.376	
	Abril	10	139.26	3.943	
	Abril	16	201.09	5.694	
	Abril	24	98.73	2.796	
	Abril	30	103.18	2.922	
	Mayo	7	87.50	2.478	
	Mayo	21	78.28(turbia)	2.217	
1952	Abril	29	109.2 "	3.092	700 pies aguas arriba
1953	Marzo	19	179.0 "	5.069	del punto de toma del
	Abril	18	101.85 "	2.884	canal de San Lorenzo.

Río Aguán en la confluencia con el Yaguala

1951	Marzo	3	595.88	16.874	
	Abril	11	272.67	7.721	
	Abril	17	340.37	9.638	
	Mayo	3	Inundaciones repentinas en el río Yaguala		
	Mayo	18	244	6.909	

Apéndice IV.

Estimación del caudal promedio anual del río Mame, 1957

	<u>m<sup>3</sup>/s</u>		<u>m<sup>3</sup>/s</u>
Enero	x	A falta de observaciones, se estimó en 2 m <sup>3</sup> /s <sup>1/</sup>	2
Febrero	x		2
Marzo	x		2
Abril	3.4		
Mayo	3.5		
Junio	8.5		
Julio	17.7	Promedio de los 5 meses lluviosos 68.4/5	13.7 m <sup>3</sup> /s
Agosto	11.7		
Septiembre	17.4		
Octubre	13.1		
Noviembre	2		
Diciembre	4.5		
Total de los 9 meses	81.8		

Total anual 87.8

Promedio  $87.8/12 = \boxed{7.3 \text{ m}^3/\text{s}}$

Promedio aproximado de los 7 meses secos 2.77 m<sup>3</sup>/s

<sup>1/</sup> Pluviometría promedio de la región en enero, febrero y marzo: 20 mm; en julio: 180 mm. Se supone que los meses que faltan se hallan dentro de los promedios pluviométricos así:  $17.7 \times 20/180 = 1.97 = 2 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Estimación del caudal promedio anual del río Mame, 1958

	<u>m<sup>3</sup>/s</u>		<u>m<sup>3</sup>/s</u>
Enero	x	Estimación 2.2 m <sup>3</sup> /s <sup>2/</sup>	2.2
Febrero	x	(10 últimos días 7.2 m <sup>3</sup> /s) Estimación	5
Marzo		5.1	
Abril		3.9	
Mayo		7.6	
Junio		13.9	
Julio		19.5	
Agosto		18.7	
Septiembre		12.2	
Octubre		23.1	
Noviembre		12	
Diciembre	x	(15 primeros días alrededor de 5.5 m <sup>3</sup> /s) Estimación	5.3
Total de los 9 meses		1115.9	
		Total anual	128.4
	Promedio	128.4/12 = <u>10.7 m<sup>3</sup>/s</u>	

Promedio de los 7 meses lluviosos  
 $10.7/7 = 15.3 \text{ m}^3/\text{s}$

Promedio de los 5 meses secos  $21.4/5 = 4.3 \text{ m}^3/\text{s}$

<sup>2/</sup> Véase en el cuadro anterior diciembre de 1957 : 4.5 m<sup>3</sup>/s. El estudio del régimen pluvial en la estación seca lleva a prever 4.5/2 cuando faltan por completo las lluvias.

## Apéndice V

## AFORAMIENTO DEL RIO ALAO Y DEPARTAMENTO DE OLANCHO, 1958

Nº. de aforo	Fecha	Q = m <sup>3</sup> /s	Precipitación pluvial (pulgadas)
<u>Febrero</u>			
1	19	3.43	0.04
2	20	3.38	TRAZAS
3	21	3.57	0.00
4	22	3.75	0.00
5	23	2.62	0.00
6	24	2.56	0.00
7	25	2.61	0.00
8	26	2.61	0.00
9	27	2.07	0.00
10	28	2.87	0.00
<u>Marzo</u>			
11	1	2.98	0.00
12	2	2.32	0.00
13	3	1.98	0.00
14	4	2.17	0.00
15	5	1.93	0.00
16	6	1.94	0.00
17	7	2.07	0.00
18	8	1.86	0.00
19	9	1.79	0.00
20	10	1.72	0.00
21	11	1.51	0.00
22	12	1.84	0.00
23	13	1.68	0.00
24	14	1.66	0.00

25	15	1.60	TRAZAS
26	16	1.87	0.00
27	17	1.73	0.00
28	18	1.72	0.00
29	19	1.52	0.00
30	20	1.65	0.55
31	21	4.74	0.11
32	22	6.17	0.00
33	23	3.45	0.00
34	24	2.04	0.00
35	25	1.91	0.00
36	26	1.88	0.00
37	27	1.72	0.00
38	28	1.60	0.00
39	29	1.90	0.00
40	30	1.79	0.00
41	31	1.63	0.00

Abril

42	1	1.58	0.00
43	2	1.58	0.00
44	3	1.58	0.00
45	4	1.58	0.00
46	5	1.64	0.00
47	6	1.27	0.00
48	7	1.27	0.00
49	8	1.41	0.00
50	9	1.34	0.00
51	10	1.41	0.00
53	11	1.29	0.00
54	13	1.60	0.00
55	14	1.36	0.00
56	15	1.32	0.00



57	16	1.32	0.00
58	17	1.18	0.00
59	18	1.40	0.00
60	19	1.45	0.00
61	20	1.29	0.00
62	21	1.28	0.00
63	22	1.23	0.00
64	23	1.09	0.00
65	24	1.13	0.00
66	25	1.02	0.00
67	26	1.13	0.00
68	27	0.91	0.00
69	28	1.02	0.00
70	29	0.92	0.00
71	30	1.02	0.00

Mayo

72	1	0.95	0.00
73	2	0.93	0.00
74	3	1.00	0.00
75	4	0.92	0.00
76	5	0.90	0.00
77	6	0.90	0.00
78	7	0.93	0.00
79	8	1.07	0.00
80	9	0.87	0.00
81	10	0.92	0.00
82	11	0.84	0.00
83	12	0.85	0.00
84	13	2.81	0.00
85	14	1.32	0.36
86	15	2.42	0.01
87	16	2.46	0.09

88	17	2.55	0.00
89	18	1.69	0.00
90	19	1.65	0.00
91	20	1.53	0.00
92	21	2.11	0.09

Junio

103	1	1.89	0.06
104	2	2.31	0.00
105	3	2.51	0.70
106	4	2.49	0.25
107	5	2.33	0.32
108	6	2.31	0.00
109	7	1.98	0.00
110	8	2.05	0.37
111	9	3.11	0.60
112	10	2.22	0.60
113	11	2.74	0.02
114	12	3.99	0.45
115	13	3.50	0.00
116	14	3.19	0.00
117	15	2.76	0.00
118	16	4.16	0.02
119	17	4.16	0.00
120	18	3.84	0.03
121	19	3.20	0.00
122	20	3.08	0.00
123	21	2.24	0.00
124	22	2.19	0.00
125	23	2.64	0.00
126	24	2.20	0.24
127	25	1.60	0.00
128	26	1.52	0.01

129	27	1.31	0.02
130	28	1.26	0.14
131	29	1.22	1.00
132	30	1.70	0.00

Julio

133	1	1.37	0.47
134	2	1.48	0.27
135	3	1.21	0.04
136	4	2.30	0.65
137	5	2.08	0.07
138	6	1.51	0.05
139	7	1.48	0.55
140	8	4.28	0.07
141	9	1.96	0.20
142	10	1.50	0.32
143	11	7.50	0.15
144	12	3.69	0.33
145	13	5.31	0.00
146	14	2.87	0.35
147	15	3.98	0.04
148	16	4.81	0.35
149	17	4.22	0.38
150	18	4.33	0.03
151	19	3.47	0.00
152	20	2.82	0.11
153	21	4.07	0.10
154	22	3.03	0.00
155	23	3.86	1.35
156	24	3.56	0.05
157	25	3.74	0.25
158	26	3.43	0.14
159	27	6.65	0.00

160	28	5.40	0.00
161	29	5.94	0.55
162	30	5.07	0.20
163	31	3.72	0.25

Agosto

164	1	4.70	0.48
165	2	5.39	0.00
166	3	6.41	0.00
167	4	4.45	0.75
168	5	5.93	0.06
169	6	7.74	0.22
170	7	5.85	0.70
171	8	5.25	0.00
172	9	4.14	0.00
173	10	3.88	0.00
174	11	3.47	0.07
175	12	3.03	0.07
176	13	7.50	0.00
177	14	5.35	0.00
178	15	4.23	1.00
179	16	4.11	0.50
180	17	3.27	0.10
181	18	4.06	0.00
182	19	2.89	0.00
183	20	2.82	0.00
184	21	2.58	0.00
185	22	1.97	0.00
186	23	2.04	0.07
187	24	2.05	0.65
188	25	3.54	0.06
189	26	1.93	0.00
190	27	1.79	0.01

191	28	1.60	0.01
192	29	1.54	0.08
193	30	1.72	0.01
194	31	1.78	0.09

Septiembre

195	1	6.70	0.13
196	2	3.70	0.04
197	3	2.43	0.03
198	4	2.03	0.00
199	5	1.77	0.01
200	6	3.44	0.40
201	7	6.33	0.20
202	8	5.00	0.14
203	9	3.42	0.25
204	10	3.00	0.00
205	11	3.01	0.11
206	12	4.96	0.22
207	13	4.15	0.01
208	14	4.15	0.24
209	15	3.21	0.00
210	16	2.61	0.55
211	17	2.62	0.00
212	18	1.77	0.00
213	19	2.76	0.18
214	20	2.28	0.70
215	21	3.88	0.26
216	22	2.62	0.26
217	23	2.49	0.00
218	24	2.33	1.05
219	25	2.66	0.00
220	26	2.60	0.78
221	27	2.60	0.00
222	28	2.33	0.40
223	29	2.33	0.39
224	30	2.33	0.20

Octubre

				<u>Octubre</u>	
225	1	2.00		2.26	
226	2	4.00		0.16	
227	3	6.00		0.15	
228	4	2.66		0.00	
229	5	2.33		0.00	
230	6	2.00		TRAZAS	
231	7	2.00		0.00	
232	8	2.00		0.00	
233	9	2.00		0.00	
234	10	2.85		0.26	
235	11	2.85		0.57	
236	12	4.80		0.40	
237	13	3.15		0.02	
238	14	4.04		0.24	
239	15	4.33		0.24	
240	16	5.40		0.58	
241	17	5.30		0.71	
242	18	5.50		0.73	
243	19	6.00		0.02	
244	20	4.80		0.01	
245	21	5.03		1.63	
246	22	3.83		0.04	
247	23	5.15		0.04	
248	24	4.22		0.13	
249	25	3.87		0.05	
250	26	3.72		0.00	
251	27	3.33		0.08	
252	28	3.76		0.00	
253	29	3.72		0.00	
254	30	4.00		0.12	
255	31	2.87		0.28	
256	1				

Noviembre

Noviembre

256	1	3.86	0.00
257	2	2.90	0.10
258	3	2.57	0.00
259	4	1.63	0.00
260	5	2.44	0.00
261	6	1.78	0.00
262	7	1.38	TRAZAS
263	8	1.87	0.00
264	9	1.79	1.02
265	10	1.66	0.85
266	11	1.72	TRAZAS
267	12	2.45	0.41
268	13	2.18	0.82
269	14	4.05	0.50
270	15	1.92	0.01
271	16	3.07	0.00
272	17	4.18	0.00
273	18	4.37	0.12
274	19	3.54	0.00
275	20	3.42	0.00
276	21	3.26	0.00
277	22	3.83	TRAZAS
278	23	3.08	0.00
279	24	2.38	0.03
280	25	2.25	0.00
281	26	2.23	0.02
282	27	2.13	0.00
283	28	1.78	TRAZAS
284	29	2.17	0.00
285	30	2.57	0.15

/Diciembre

Diciembre

286	1	2.32	
287	2	2.63	
288	3	2.22	0.24
289	4	1.98	0.00
290	5	2.90	0.15
291	6	2.80	0.00
292	7	2.30	0.00
293	8	2.15	0.32
294	9	2.28	0.29
295	10	2.68	0.20
296	11	2.47	0.00
297	12	1.86	0.00
298	13	1.42	0.00
299	14	1.42	0.00
300	15	1.74	TRAZAS
301	16	1.90	TRAZAS
302	17	2.01	0.00
303	18	1.74	0.61
304	19	1.96	0.10
305	20	1.81	0.00
306	21	2.21	0.12
307	22	6.66	0.40
308	23	5.51	0.19
309	24	6.33	0.00
310	25	5.66	0.00
311	26	5.33	0.00
312	27	5.15	0.00
313	28	4.33	0.00
314	29	5.00	0.00
315	30	4.30	0.00
316	31	3.80	0.00



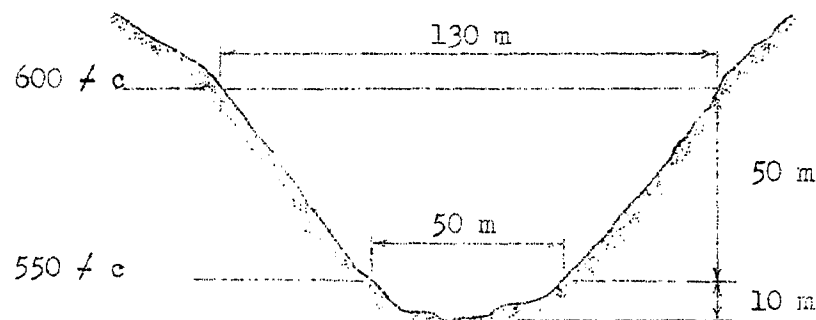
Apéndice VI

ELABORACIÓN DE UNA PRESA SITUADA AGUAS ARRIBA DE GUATA

Cota	Superficie <sup>a/</sup> (Km <sup>2</sup> )	Volumen de cada sección <sup>3</sup> (Millones de m <sup>3</sup> )	Volumen total (Millones de m <sup>3</sup> )	
600 $\neq$ c	Superficie <sup>a/</sup> del lago por de agua embal- sada	60 m de nivel 4	26.6	43.5
590 $\neq$ c	50 m " "	1.33	10.4	16.9
580 $\neq$ c	40 m " "	0.75	5.00	6.50
570 $\neq$ c	30 m " "	0.25	1.35	1.50
560 $\neq$ c	20 m " "	0.02	0.12	0.15
550 $\neq$ c	10 m " "	0.006	0.03	0.03
540 $\neq$ c	-	-	-	-

a/ Las superficies se midieron haciendo la planimetría de las curvas de nivel de un mapa a 1:12 000 establecido por la Dirección General de Cartografía de Honduras con ayuda de una restitución de fotografías aéreas a 1: 60 000. La altitud del pueblo de Guata se fijó arbitrariamente en 600 m. La corrección a agregar c para conerse de acuerdo con el perfil del río Mame sería:  
 $c \approx 20$  m.

Esquema de la Presa de Guata



Apéndice VII

BOLETINES DE ANALISIS DEL AGUA DEL RIO MAME  
EN SU CONFLUENCIA CON EL RIO ALAO

LABORATORIO FORESTAL  
Dirección General de Recursos Naturales  
Tegucigalpa, Honduras

14 de octubre de 1957

ANALISIS DE AGUA

Muestras enviadas al Laboratorio por el señor Le Cacheux.

MUESTRA No. 1

TOMADA: En la estación hidrométrica de Pueblo Viejo (Conf. Alao-Mame)

FECHA : 27 de mayo de 1957

MUESTRA No. 2

TOMADA: En la estación hidrométrica de Cerro Galán (Conf. Salitre-Guata)

FECHA : 27 de mayo de 1957

DETERMINACION DE LA DUREZA

Dureza total en p.p.m.

Muestra No. 1	.....	115
Muestra No. 2	.....	85

Dureza no producida por carbonatos en p.p.m.

Muestra No. 1	.....	10
Muestra No. 2	.....	7

Dureza como carbonato de calcio en p.p.m.

Muestra No. 1	.....	105
Muestra No. 2	.....	78

DETERMINACION DE LA ALCALINIDAD

o/oo acidez N/10 neutralizada

Muestra No. 1	.....	3
Muestra No. 2	.....	1

MATERIA EN SUSPENSION

Muestra No. 1	.....	0.25 g	o/oo
Muestra No. 2	.....	0.05	

/SOLIDOS TOTALES

SOLIDOS TOTALES

Muestra No. 1 . . . . . 0.070 g%  
Muestra No. 2 . . . . . 0.054

HIERRO

Muestra No. 1 . . . . . trazas de hierro (ferroso-férrico)  
Muestra No. 2 . . . . . trazas de hierro (ferroso-férrico)

CIANURO

Muestra No. 1 . . . . . No hay  
Muestra No. 2 . . . . . No hay

MANGANESO

Muestra No. 1 . . . . . Trazas  
Muestra No. 2 . . . . . Trazas

Análisis practicado por: (f) Dra. Rosa Argentina Durón  
(f) Marco A. Flores Rodas  
(f) Santiago González

SERVICIO TECNICO INTERAMERICANO DE COOPERACION AGRICOLA  
(STICA)

MEMORANDUM

Agosto 27, 1958

Para : Sr. Leopoldo Mojica, Oficinas FAO, Palacio Legislativo  
De : Ing. Mario Berlíoz, Jefe del Laboratorio (f) Mario Berlíoz  
Asunto: Resultado de análisis de agua

A continuación encontrará los resultados obtenidos en el análisis de aguas que se hiciera en este Laboratorio.

RESULTADOS

Hierro - 1. 5 p.p.m.  
Sólidos totales -293 p.p.m.

Muestreo tomado el 9 de agosto de 1958, después de una lluvia.

/SECRETARIA DE

SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS DE MEXICO  
 AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO  
 DIRECCION DE ESTUDIOS Y PROYECTOS, DEPARTAMENTO DE PROYECTOS

LABORATORIO

ANALISIS FISICO-QUIMICO DE AGUAS, NUMERO 58-478

Muestra tomada o remitida por: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación

Fuente: Río Mame a 100 m. del Alao

Localidad: República de Honduras

Estado: Centroamérica

Fecha de muestreo: 26 de agosto de 1958

Fecha de análisis: 21 de octubre de 1958

Turbiedad: 360		Color: 30		Temperatura _____							
Olor: Inodora		Núm. Olor.....		pH 6.5							
Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas	Determinaciones	Análisis	Normas			
			Como Ca CO <sub>3</sub>								
Sólidos tot.	580	500-1000	Alcalinidad F	0		Amoníaco en N	n.d.	0.50			
Sólidos disueltos	140		Alcalinidad Tot.	119	400	Nitritos en N	n.d.	0.05			
Pérdidas por calcinación			Dureza total	116	300	Nitratos en N	0.4	5.00			
			Dureza carbonato	119		O consumido en O	71.6	3.00			
Sílice	n.d.		<u>Combinaciones Hipotéticas en mg. por Litro</u>								
CO <sub>2</sub> libre	72		Bicarbonato de calcio				123				
Calcio (Ca)	30		Bicarbonato de magnesio				58				
Magnesio (Mg)	10	125	Bicarbonato de sodio				5				
Hierro (Fe)	0.24	0.3	Sulfato de sodio				36				
Manganeso (Mn)	0		Cloruro de sodio				13				
Sodio (Na) calc.	18		<u>Estabilidad del Agua (Indice de Langelier):</u>								
Carbonato (CO <sub>3</sub> )	0		A	25	°C p Ha	6.5	p Hs	7.9	IS	-	1.4
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> )	144		A	"	"	"	"	"	"	"	"
Sulfato (SO <sub>4</sub> )	24	250	RESULTADOS EXPRESADOS EN P.P.M.								
Cloruro (Cl-)	8	250									
Fluoruro (F-)	n.d.	1.5									
Nitrato (NO <sub>3</sub> )											

FAO/CATS/59/A  
 FAO/LAT/23  
 Pág. 129

Dr. Fermín Durón Gálvez  
Químico Farmacéutico

Tegucigalpa, D.C. 24 de septiembre 1958

Señores  
Oficina F.A.O.  
Presente

Muy señores míos:

Tengo el agrado de informar a ustedes el resultado del análisis parcial de su agua.

RIO MAME

como sigue:

Valores expresados en partes por millón (P.P.M.) (Mlg. Ltr.)

SOLIDOS SUSPENDIDOS (Sedimentables o filtrables)	43 P.P.M.
RESIDUO SECO a 105° C° (Después de filtración)	626 P.P.M.
SALES DE HIERRO (Como hierro metálico)	0.5 P.P.M.
MATERIA ORGANICA (Oxígeno consumido)	9 P.P.M.

De ustedes su atento y S.S.

(f) Fermín Durón Gálvez

Fecha de toma del muestreo - 4 de agosto de 1958, después de una lluvia.

/SERVICIO TECNICO

SERVICIO TECNICO INTERAMERICANO DE COOPERACION AGRICOLA  
"STICA"

Julio 30, 1958

MEMORANDUM

Para : Sr. Leopoldo Mojica, Oficinas FAO, Palacio Legislativo  
De : Ing. Mario Berlíoz, Jefe del Laboratorio (f) Mario Berlíoz  
Asunto: Resultado de análisis de agua

A continuación encontrará detalladamente los resultados obtenidos en el análisis de agua del río Mame recogida 100 mts abajo de la confluencia con el río Alao el día 8 de julio del presente año, tomada después de una lluvia.

RESULTADOS

p.H. - 6.5  
Color - 40  
Acidez - 8 p.p.m. como  $\text{Ca CO}_3$   
Alcalinidad - 92 p.p.m. como  $\text{Ca CO}_3$   
 $\text{CO}_2$  (libre) - 4 p.p.m. como  $\text{Ca CO}_3$   
Dureza total - 82 p.p.m. como  $\text{Ca CO}_3$   
Sólidos totales - 925 p.p.m.  
Materia en suspensión - 759 p.p.m.  
Materia en solución - 166 p.p.m.  
Materia volátil - 184 p.p.m.  
Sulfatos - 6.6 p.p.m.  
Cloruros - 8 p.p.m.  
Hierro - 6 p.p.m.  
Sílico - 287 p.p.m.  
Manganeso - 3 p.p.m.

Para la determinación del oxígeno disuelto, se necesita una muestra recién tomada y recogida en un frasco especial.

Apéndice VIII

28 de febrero de 1958

Dr. C. Ferrufino  
Oficial Médico de la Organización Mundial de la Salud  
Servicios Rurales de Salud Pública  
Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social  
Tegucigalpa, D. C.

Muy señor mío:

Como continuación de mi conversación con el señor Freedman, tengo el honor de pedirle su opinión acerca del asunto relativo a la evacuación de las aguas residuales de la fábrica de celulosa y papel, cuyo proyecto estoy estudiando como experto de la asistencia técnica de la FAO bajo el CAIS.

Pensamos proponer la instalación de esta fábrica en la región forestal de Olancho Norte y, más precisamente, en el valle del río Mame, afluente del río Aguán.

El río Mame tiene un caudal de agua suficiente en la estación seca para asegurar las necesidades de la fábrica y de sus anexos. Estas necesidades han sido cifradas a  $1 \text{ m}^3$  por segundo, del cual cerca de  $0,8 \text{ m}^3/\text{s}$  para la fábrica propiamente dicha.

El caudal mínimo del río en la estación seca, inmediatamente aguas abajo de la confluencia de este río con el río Alao, no parece deber ser menor que de  $2 \text{ m}^3/\text{s}$ . Por prudencia, en lo que sigue admitimos que el caudal menor a considerar es de  $1,63 \text{ m}^3/\text{s}$ .

La totalidad del agua sacada del río será devuelta bajo forma de agua residual y contendrá la totalidad de los productos químicos que pasan en el agua de fabricación, así como las materias orgánicas perdidas.

El cuadro anexo<sup>1/</sup> da las concentraciones en partes por millón (p.p.m.) de los diversos productos añadidos por la fábrica en el agua de fabricación y estas mismas concentraciones después de la dilución en el agua del río en 2 hipótesis:

- a) río con caudal mínimo de  $1,6 \text{ m}^3/\text{s}$
- b) río con caudal de  $5 \text{ m}^3/\text{s}$

<sup>1/</sup> Véase el cuadro 17, en el anexo V.

(La hipótesis b)

La hipótesis b) correspondería al caso de que el caudal del río fuese regularizado por una presa cuya construcción podría ser considerada para producir la energía hidroeléctrica.

Hace falta notar entonces que el valle del río Mame aguas abajo de su confluencia con el río Alao está casi deshabitada hasta la confluencia con el río Aguán, que se halla a unos 40 Km de la confluencia con el río Alao.

La velocidad de la corriente en esta parte inferior del río Mame está todavía muy fuerte, con muchos saltos determinados por los escollos rocosos. Se puede entonces contar con un braceaje muy intenso del agua y una reoxigenación rápida.

Además, la aportación de agua del río Esquipulas aumentará en un 30 por ciento el caudal mínimo del río Mame antes de la confluencia con el río Aguán.

Teniendo en cuenta las diversas circunstancias expresadas anteriormente, mucho le agradecería me informara si considera como peligrosa la proporción de la polución que resultaría de la evacuación de las aguas usadas de la fábrica en el río Mame, y en comparación con las proporciones normalmente presentadas por los ríos de Honduras que atraviesan ciudades importantes, cuáles serían las concentraciones máximas admisibles.

Agradeciéndole de antemano su amable cooperación, aprovecho esta oportunidad para suscribirme muy atentamente.

(f) Paul M. Le Cacheux

MINISTERIO DE SANIDAD Y BENEFICENCIA - DIRECCION GENERAL DE SANIDAD  
SERVICIOS RURALES DE SALUD PUBLICA

24 de marzo de 1958

Hond.-121-58

Sr. Le Cacheux  
Misión de la FAO - Fábrica de Papel  
Palacio Legislativo  
Ciudad

Muy señor mío:

Le agradezco mucho su carta del 28 de febrero de 1958.

He discutido con nuestro ingeniero Joseph Freedman el proyecto y los problemas sanitarios que usted mencionó acerca de la planta de la fábrica de papel estudiada por usted recientemente.

/Anexa a esta



Anexa a esta nota, sírvase encontrar el informe presentado por el ingeniero Freedman.

Sinceramente,

(f) Dr. Carlos Ferrufino  
Consultor Honduras-4

MINISTERIO DE SANIDAD Y BENEFICENCIA  
SERVICIOS RURALES DE SALUD PUBLICA

Hond-019/58

Tegucigalpa, 14 de marzo de 1958

MEMORANDUM

A : Dr. Carlos Ferrufino  
De : Ing. Joseph Freedman  
TEMA: Disposición para los residuos de una fábrica de celulosa y papel en Honduras

De los datos contenidos en la comunicación del 28 de febrero, FAO, del señor Le Cacheux, mi opinión es que el sitio escogido para la fábrica de celulosa y papel no creará ninguna dificultad acerca de la evacuación de los residuos en el río Mame.

La región desde el sitio de la fábrica hasta la costa es de lluvias crecientes produciendo buena evacuación y proporcionando varias posibles fuentes pequeñas de abastecimiento de agua doméstica para los pocos pueblos desparramados.

Los ríos actuales en los cuales los residuos de la fábrica serán evacuados no son utilizados como agua potable.

La única utilización de estas aguas es la del río Aguán, en el cual desembocan todos estos afluentes; y son usadas para la irrigación de los campos de plátano de la Standard Fruit Co.

/De acuerdo con

De acuerdo con el contenido químico estimado de los desperdicios en el punto de evacuación, no hay ningún ingrediente peligroso para la vida animal o vegetal. La concentración más alta es de NaCl llegando hasta 203 PPM que es todavía más bajo que la concentración de sal recomendada como un máximo de 250 PPM por los estándares de agua potable de la USPHS. La siguiente concentración más alta es de sulfato de aluminio, 130 PPM, que bajo ciertas condiciones es un coagulante y es inofensivo.

Las materias orgánicas son importantes ya que bajan la concentración de oxígeno disuelto en el río cuando sufren descomposición. La extensión de pende de las características del río. Las fibras de celulosa no son de importancia porque son prácticamente inertes. Los compuestos orgánicos que quedan, las resinas y hemicelulosa, combinadas, pueden llegar a una concentración de 289 PPM al evacuar la planta.

El señor Le Cacheux ha hecho estudios y medidas de caudal del río Mame de los cuales calcula que la dilución en el río Mame, justo abajo del punto de evacuación durante la estación más seca (caudal 1,6 m<sup>3</sup>/s) reducirá la concentración inicial hasta 181 PPM.

Desde el punto de evacuación de la planta hasta el río Aguán hay una distancia de 40 Km a lo largo del río Mame. Aquí esta concentración de 181 PPM puede ser posteriormente reducida, por la afluencia del río Esquipulas, del orden de 150 PPM. Mientras tanto, una descomposición biológica debe tener lugar posteriormente reduciendo las concentraciones de residuos.

Si es asumido que bajo las peores condiciones la concentración de los residuos es reducida principalmente por dilución y solo ligeramente por acción biológica; la concentración máxima después de la confluencia del río Mame y del río Aguán será del orden de 80 PPM, la cual es una concentración baja. En la estación de lluvias, naturalmente la dilución será tan grande como 5 veces más.

Prueba de las áreas de producción de arroz irrigadas en Texas con más altas concentraciones de desperdicios de las plantas no ha demostrado ningún efecto adverso. En consecuencia, se piensa que la planta no constituirá un problema agrícola o sanitario.

Anexo VI\*

INFORME SOBRE LOS PROBLEMAS DE CAMINOS Y TRANSPORTE PARA LA EXPLORACION FORESTAL Y LA OPERACION DE LA FABRICA DE CELULOSA Y PAPEL PROYECTADA EN HONDURAS

Nota preliminar

En el Informe General de la Misión de la FAO sobre el proyecto para la fábrica de celulosa y papel en Centroamérica (Doc. FAO/57/1/603) que se presentó a consideración del Comité de Cooperación Económica en su reunión de febrero de 1957 en Guatemala, se hizo hincapié en la importancia del factor transporte en el establecimiento de la fábrica, así como en sus operaciones.

Entre otros datos se subrayó que la ausencia de explotación y las mejores posibilidades de administración forestal en la zona de Olancho, Honduras—que fué seleccionada por el Comité como área de abastecimiento de madera de la fábrica— se derivan esencialmente del hecho de que esta zona se encuentra alejada de las vías de comunicaciones. Visto desde un ángulo diferente este aislamiento significa que hay que conectar la zona de Olancho a la red de caminos de Honduras hacia el sur y hasta un puerto hacia el norte.

El problema del transporte para la fábrica de celulosa y papel tiene que ser examinado desde el aspecto de la construcción de caminos y de su tráfico. Aún si los estudios técnicos y económicos correspondientes a este problema no caben en el campo de investigaciones abarcado directamente por la Misión de la FAO, se ha considerado que, para una mejor ilustración de los problemas específicos del proyecto de la fábrica de celulosa y papel, es indispensable tener algunos conocimientos básicos del aspecto de construcción de caminos bajo dos puntos de vista:

- a) la inversión que se necesitará para llevar a cabo dicha construcción en su relación con la inversión propia de la fábrica, y
- b) el costo del transporte de los productos forestales, químicos, combustibles, etc. hacia la fábrica de celulosa y papel, así como de los productos de la fábrica hacia los centros de consumo.

\* Preparado por el ingeniero Paul M. Le Cacheux experto de la FAO en industrias de celulosa y papel /Con la

Con la cooperación del Gobierno de Honduras se estudió como primera aproximación, cuál tendría que ser la red de caminos necesaria para la fábrica, así como el costo aproximado de los diferentes tipos de caminos a construirse. Se estimó también, siempre en forma preliminar y aproximada, cuál podría ser, bajo ciertas condiciones, el costo del transporte para las operaciones de la fábrica.

Todas las estimaciones contenidas en este informe provisional serán objeto de revisión dentro del estudio técnico y económico en detalle que la Misión de la FAO está llevando a cabo para preparar el proyecto industrial general de la fábrica.

De todas maneras puede ser útil mencionar que, desde el punto de vista de la construcción de caminos, estos pueden dividirse en tres grupos: a) caminos principales, b) caminos secundarios, y c) caminos forestales.

Los caminos principales examinados en el informe son tres, a saber:

1. Camino A, para la conexión entre la fábrica y Puerto Castilla con una longitud total de 156 Km.
2. Camino B, para conectar a la fábrica con la población de Salamá donde se entroncaría con el camino para Tegucigalpa, con una longitud de 80 Km.
3. Camino C, que serviría para la explotación de la parte de la zona forestal de Olancho entre la fábrica y la población de Gualaco con una longitud total de 44 Km.

/El conjunto

El conjunto de los caminos A y B constituiría el gran eje de la explotación industrial y serviría al mismo tiempo para asegurar las conexiones de la fábrica con el puerto (camino A) y con la red nacional de carreteras de Honduras (camino B). Se necesita que los dos caminos estén totalmente construidos antes del comienzo de las operaciones de la fábrica; y el camino A antes que el B.

Parte del camino C se necesitará al comienzo de las operaciones considerando que su función esencial es la de conectar a la fábrica con la zona de pinabetes de Gualaco que se explotará gradualmente.

Los caminos A y B, además de servir a las operaciones de la fábrica e industrias madereras conexas, establecerían una conexión directa entre Tegucigalpa y Puerto Castilla y abrirían al desarrollo gradual toda la región de Olancho que no tiene aún vías de comunicación. Estos caminos tendrían por con siguiente carácter de vías de comunicación de interés general y deberían por lo tanto ser financiados aparte del conjunto industrial de que se trata.

El costo del camino C podría incluirse en el programa futuro del desarrollo de la fábrica.

En lo que se refiere a los caminos secundarios y a los forestales, se trata casi exclusivamente de caminos que pueden construirse conforme vaya progresando la explotación de los bosques de Olancho para abastecer de materias primas a la fábrica e industrias conexas. Su costo podrá por lo tanto incluirse en los gastos de operación del centro industrial.

A título de simple indicación, el orden de magnitud de las inversiones que resultarían necesarias en un plan coordinado de construcción para los caminos antes mencionados podría estimarse por Km en 28 000 Dls. para los caminos principales, 9 000 Dls. para los caminos secundarios de primera clase,

/4 000 Dls.

4 000 Dls. para los caminos secundarios de segunda clase, y de 600 a 700 Dls. para los caminos forestales. En lo que se refiere a estos dos últimos tipos de caminos, se estima que cada año tendrían que construirse unos 30 Km de caminos secundarios y unos 200 Km de caminos forestales.

En relación con esta estructura aproximada de la red de caminos necesarios en la zona de Olancho se hicieron algunas estimaciones del volumen de tránsito en cada tipo de camino y del costo probable del transporte con diversos tipos de camiones articulados con semi-remolque que se podrían usar dentro de las características generales de los caminos de que se trata. La estimación del costo anual del transporte se hizo esencialmente con referencia a los costos por unidad de carga necesarios para traer la madera del bosque hasta la fábrica incluyendo los gastos de operación y los de depreciación y mantenimiento de los caminos.

Como ya se puso de relieve, estas estimaciones provisionales, cuya finalidad primordial ha sido la de sentar algunas bases esenciales para su futuro estudio técnico en detalle, serán objeto de revisión dentro de los estudios para la preparación del proyecto industrial de la fábrica de celulosa y papel e industrias madereras conexas.

## I. INTRODUCCION

### Importancia del problema de caminos y transportes

El problema de los caminos de explotación y los que conectan la fábrica a la red de caminos de Honduras a los puertos, es de considerable importancia.

Para dar una idea al respecto debemos de considerar que el transporte de 500 000 toneladas de madera por año, que se efectuará sobre una distancia promedio de 40 a 50 Km representa un volumen de tráfico aproximadamente de 20 a 25 millones ton/Km por año.

A esto se le agregan aproximadamente 20 millones de ton/Km de tráfico desde la fábrica al puerto, y viceversa y 8 millones de ton/Km desde la fábrica a Tegucigalpa, sin considerar el tráfico representado por la distribución del producto destinado al mercado centroamericano, mayor aún que al de Tegucigalpa.

Tenemos pues, sin tomar en cuenta el último, un total de tráfico en las rutas que sobrepasa el volumen de 60 millones de ton/Km por año.

Una diferencia solamente de 1 centavo sobre el precio de costo-promedio por ton/Km, representaría por lo tanto más de 600 000 dólares de diferencia por año.

Por lo tanto deberá estudiarse detenidamente todo lo referente al transporte.

Si examinamos la importancia de la red de caminos consideramos que se deberán construir las rutas de contacto, o sea unos 300 Km aproximadamente de carreteras principales, y que todos los años de explotación forestal se tendrán

/que construir

que construir unos treinta Km de carreteras secundarias y unos 200 Km de caminos forestales, lo que en 20 años representará 600 Km de carreteras secundarias y 4 000 Km de caminos forestales accesibles a los camiones. En lo que a carreteras se refiere el gasto total se aproxima a 20 millones de dólares, de los cuales la mayor parte serán invertidos progresivamente y seguidamente recuperados por el producto de ventas. Pero esta circunstancia no cambia en modo alguno el hecho de que el gasto a efectuar será de magnitud tan considerable que ha de requerir un estudio minucioso sobre la red de caminos con objeto de realizar a un costo total mínimo la operación global que permita el establecimiento de los caminos y su utilización.

En la práctica, los caminos principales a construir para permitir la instalación y las operaciones de la fábrica serían inicialmente menos de 300 Km, probablemente alrededor de unos 250 Km, con un costo total aproximado de 5 a 6 millones de dólares. Parte de la red de carreteras principales (o sea el llamado camino C) podría construirse a medida que progresa la explotación forestal. En lo que se refiere a los caminos secundarios y forestales, su construcción se hará gradualmente conforme lo requiera la operación de la fábrica en relación con el suministro de madera, y su costo se incluirá en los gastos de explotación, que a su vez entrarán en el costo de la madera utilizada por la fábrica e industrias madereras conexas.

Por consiguiente, la cifra de 20 millones de dólares antes indicada sólo representa el orden de magnitud del posible costo total de construcción de los caminos en relación con el conjunto de las operaciones industriales y forestales, cantidad que se invertirá en un período de unos



20 años más o menos. Además, además, cabe poner de relieve que los caminos principales mencionados en este estudio, a saber: los llamados caminos A y B, no servirán sólo para las operaciones de la planta; permitirán el desarrollo y puesta en valor de toda una vasta región del norte de Honduras que está hoy en día incomunicada con el resto del país y la costa atlántica. Dichos caminos tendrían por lo tanto carácter de vías de comunicación de interés general, aparte de hacer posible la instalación y funcionamiento del conjunto industrial de celulosa, papel y madera considerado en el informe. En consecuencia, el financiamiento de los caminos debe considerarse por separado del que requiera dicho conjunto industrial.

Existe un inconveniente y es que el bosque está en una región montañosa, como la mayor parte de Honduras, sin vías de comunicación; esta particularidad puede considerarse favorable en cierto modo ya que la ausencia de vías, permitirá construir la red de las mismas de la mejor manera posible.

La red de caminos deberá pues estudiarse en su totalidad y no paso a paso a medida que se desarrolla la explotación.

El estudio completo deberá comprender: el proyecto definitivo de todas las rutas principales; la mayor parte de las rutas secundarias; el proyecto definitivo de los caminos forestales en la zona utilizada durante los primeros 5 años de explotación y por lo menos un anteproyecto de caminos del resto de la zona. Este anteproyecto será destinado a definir el trazado de las rutas secundarias.

Para un trabajo de tal envergadura se hace evidente la necesidad de contar con un mapa topográfico y forestal bastante preciso que debe ser hecho a base de fotografías aéreas tomadas a baja altitud, y de variadas observaciones y medidas tomadas directamente en el terreno.

/El método de

El método de inventario por estimación general, adecuado para tener conocimiento de los recursos de una manera global, no nos sirve en el trazado de las vías, ya que es indispensable conocer la densidad de la vegetación local.

Se recomienda iniciar este trabajo en cuanto se tome la decisión de construir la fábrica (o sea al mismo tiempo que comiencen los trabajos de ingeniería "en la instalación de la fábrica"). Pero si se quiere evitar pérdidas de tiempo que pueden ser lamentables, sería de gran utilidad que las fotografías aéreas fuesen tomadas con anterioridad, ya que para esta labor apenas es posible utilizar un período muy corto cada año.

Un estudio detallado de lo anterior queda fuera del objeto de nuestra misión, porque no se puede realizar el proyecto definitivo ni es posible arriesgarse a perder una gran suma en la empresa aludida sin antes tener la seguridad de que la fábrica va a construirse.

Más adelante, trataremos simplemente de esbozar los principios generales que pueden ser útiles para este estudio, y trataremos de hacer estimaciones promedias lo bastante aproximadas para tener una idea del precio de costo promedio de la madera y del volumen de inversión a realizar.

## II. ESTUDIO DEL TRANSPORTE EN LAS CARRETERAS FORESTALES

### 1. Planteamiento del problema de las carreteras forestales

El problema consiste en transportar la madera necesaria a la fábrica por medio de vehículos y de una red de caminos a determinar en este capítulo. Los gastos a tomarse en consideración son los que se derivan del costo de los transportes y de la construcción de las carreteras.

Las carreteras del sistema han sido divididas a priori en 3 clases que pueden a su vez subdividirse:

- a) carreteras principales;
- b) carreteras secundarias;
- c) caminos forestales.

Estas tres clases de caminos serán utilizados por los mismos vehículos cargados con la madera cortada por los tractores.

La región forestal es muy montañosa, y la fábrica quedará seguramente situada en la región más baja. El recorrido de la madera podrá entonces en una primera aproximación seguir las líneas de mayor inclinación (exceptuando aquellas de inclinación demasiado pronunciada). Sin embargo la explotación en general se hará desde las cumbres de las colinas descendiendo hacia los valles terciarios o secundarios que convergen al valle del río Mame.

La red de carreteras debe estar directamente relacionada con la red hidrográfica. Este trazado que facilita la construcción, es favorable desde el punto de vista de transporte, ya que los vehículos efectuarán generalmente sus recorridos con carga en descenso y vacíos en ascenso.

Las variantes del problema son muchas. Las principales se refieren a:

- a) tipo y cantidad de vehículos;
- b) trazado de la red;
- c) características de cada clase de carretera.

/Inseguida

Enseguida veremos que existe en principio una solución óptima que supone un costo total mínimo de transporte, construcción y mantenimiento de las carreteras aquí aludidas.

## 2. Selección de vehículos

La selección puede situarse a priori entre dos soluciones extremas: muchos vehículos ligeros de carga útil liviana, o relativamente pocos vehículos pesados y de carga útil mayor.

Como el terreno es muy accidentado, las curvas serán muy frecuentes y no podrán tener un radio amplio. Ello nos sugiere utilizar vehículos con un radio de viraje bastante corto siendo lo más indicado en estas condiciones el camión con semi-remolque, preferible también porque se espera transportar troncos bastante largos de la mayor parte de la madera destinada al aserradero.

Desde que este tipo de vehículo ha sido puesto en servicio, está siendo utilizado casi generalmente en explotaciones forestales, porque la carga por vehículo puede ser bastante grande ya que va repartida sobre tres ejes bastante separados entre sí.

Sin considerar esta selección como definitiva, podrá admitirse, como hipótesis de trabajo, que se tratará de vehículos de 15 a 17 toneladas de carga útil impulsados por un motor diesel de 100 a 200 HP, cuyo eje más cargado reciba aproximadamente 10 toneladas.<sup>1/</sup>

1/ Véase Anexo II un esquema de distribución de cargas referido al FIAT 682 T2 con semi-remolque cargado de troncos de 10 m. La longitud de los troncos a transportar estará generalmente comprendida entre 6 y 10 m.

Será recomendable escoger un tipo de vehículo con un círculo de viraje muy pequeño (existen tipos que pueden virar dentro de un radio de 6,5 a 7 m).

El vehículo con semi-remolque deberá estar equipado necesariamente con frenos de aire de calidad excepcional y convendrá estudiar la posibilidad de colocar, además de los frenos, un moderador electromagnético.

Debe tomarse en cuenta además, que los vehículos trabajarán en altitudes hasta de 1 500 m, lo que implica para los motores diesel una pérdida de un 15 por ciento de efectividad; si la temperatura ambiente asciende a 25°C como puede suceder, ello supone una pérdida adicional de 2.5 por ciento.

Debe calcularse, pues, una pérdida del 17 por ciento aproximadamente sobre la potencia nominal de los motores. En el apéndice I se presentan algunas características que se nos han proporcionado de tres tipos de camiones semi-remolques.

Se sobreentiende, que existen otros muchos constructores de vehículos de este tipo y que debe hacerse una selección en la compra de los mismos.<sup>2/</sup>

Las indicaciones que se presentan en el Anexo I, sirven solamente para formarse una idea; especialmente ponen en claro la variación de la carga útil que adjuntan vehículos del tipo pesado como el FIAT 682 T2 y el Magirus Deutz tipo Jupiter, y vehículos más ligeros como el Magirus Deutz tipo Mercury.

Deben compararse igualmente los vehículos con motor diesel con los de motor de gasolina como por ejemplo el semi-remolque GMC con motor 336 - V-8 de 200 HP y los Diesel Berliet y Latil franceses; también

---

<sup>2/</sup> La única razón de haberse seleccionado los tipos citados en el apéndice I es que en Tegucigalpa se han podido obtener características algo precisas sobre estos tipos de vehículos.

existen camiones semi-remolques de carga pesada ingleses, de gran interés.

De las características presentadas en el apéndice, se desprende la variación de carga útil que existe entre los tipos pesados y semi pesados de 15 a 17 toneladas en el primer caso, y de 8 a 5 ton en el segundo.

En los cálculos siguientes hemos reducido un poco las cifras, tomando en cuenta que el trabajo es muy pesado y que los camiones nunca van cargados exactamente al máximo de su capacidad. Como existe una dispersión estadística de cargas, hemos atribuido una carga útil promedio de 15 ton para el camión tipo Jupiter y de 7.5 para el tipo Mercury.

### 3. Velocidad y efectividad de los vehículos

Es extremadamente difícil calcular las velocidades prácticamente realizables en función de las características de las carreteras y caminos forestales.

La velocidad depende evidentemente del tipo y de la efectividad del vehículo, de la carga, de la pendiente y de la naturaleza de la carretera o del camino; pero la velocidad promedio real depende igualmente en alto grado del radio de las curvas y de la visibilidad en las mismas, de la frecuencia de cruces con vehículos que vienen en dirección opuesta y, en fin, de las posibilidades de frenar los vehículos

Para el tipo de carretera que hemos denominado ruta principal y si se cuenta con anchura suficiente para doble vía

/en todos los

en todos los lugares, los expertos en carreteras que hemos consultado nos indicaron la velocidad de 20 Km por hora en promedio para el camión semi-remolque (carretera no pavimentada con numerosas curvas, que puede costar aproximadamente 25 000 dólares por Km en la región montañosa de Olancho).

Los constructores indican generalmente que la velocidad se reduce un 60 por ciento de lo normal cuando se pasa de una carretera a un terreno no preparado (con la misma reducción). Como los caminos forestales sólo serán generalmente de una vía, con cruces en ciertos puntos, la velocidad se reducirá más por este concepto.

Tomando 20 Km por hora como velocidad básica (sobre carretera principal), la velocidad por caminos forestales oscilará alrededor de  $0.6 \times 20 = 12$  Km/h., sin tomar en cuenta cruces ni pendientes pronunciadas; pero, tomándolos, parece razonable reducirla a la mitad, y suponer 6 Km/h como velocidad promedio real por caminos forestales y una velocidad básica real y promedio de 20 Km/h por las rutas llamadas principales; la velocidad sobre las rutas llamadas secundarias, será un valor intermedio entre las anteriores y de unos 15 Km/h con respecto a una velocidad básica de 20 Km/h sobre las rutas principales. Todas las anteriores sólo pueden considerarse burdas aproximaciones.

Cabe agregar que aunque estas velocidades corresponden a la realidad, convendría consultar a los constructores sobre la posibilidad de hacer una reducción especial del puente trasero, distinta a la estandar, que generalmente se calcula para velocidades promedio bastante más altas. Esta variación de diseño para el puente trasero constituye una práctica muy corriente y no presenta generalmente dificultad alguna.

/III. GASTOS DE

### III. GASTOS DE TRANSPORTES SOBRE LAS CARRETERAS FORESTALES

Considerando el carácter preliminar del presente estudio y su finalidad específica de evaluación aproximada del costo de transporte para las operaciones de la fábrica, todos los cálculos se hicieron de momento sobre una base de costos por unidad de carga necesarios para transportar madera a la planta, sin examinar por ahora si conviene que el transporte hacia la fábrica o desde ella se efectúe con vehículos propios o con vehículos alquilados o bien por otros sistemas. En el estudio final se incluirán cálculos sobre la inversión total que se necesitaría para la formación de una flota camionera en la hipótesis de un servicio de transporte operado directamente por la fábrica.

#### 1. Gastos de manejo de un vehículo

El costo de manejo de un vehículo puede calcularse para un determinado período, por ejemplo para un año.

Los gastos a tomarse en cuenta son los siguientes:

a) Amortización del vehículo y del remolque. Se supuso que los vehículos que sirven para el transporte de maderas se amortizan completamente en 4 años. Para simplificar los cálculos consideramos que se gastan como reserva de amortización anualmente  $1/4$  del precio del vehículo y de su remolque, sin tomar en cuenta el efecto de los intereses que es insignificante para 4 años. Esta amortización es bastante rápida, pero parece prudente calcular una amortización rápida para vehículos que tienen un servicio muy duro.

/Además se



Además se contó con que, aparte de los vehículos en servicio, habrá aproximadamente el 10% de su cantidad de vehículos en reserva, para permitir el tiempo suficiente para reparaciones grandes. No se calculó la amortización para estos vehículos en reserva ni tampoco sus gastos de manejo, porque trabajarán solamente sustituyendo un vehículo en servicio. Pero se suma un interés al 8% del capital inmovilizado en estos vehículos que viene a subir el costo de la amortización anual en  $0.08 \times 0.1 = 0.008$  del valor de un vehículo en servicio.

La cantidad de la amortización así calculada varía naturalmente con la capacidad de carga útil promedio del vehículo.

Se obtiene una representación aproximada de esta variación, dentro de los límites de carga que nos interesan, poniendo como precio P del vehículo (en Dls.) de carga útil q en toneladas métricas

$$P = 400 \text{ q} \text{ / Dls. } 6 \text{ 000} \quad (1)$$

y para la amortización A aumentada por el interés de los vehículos en reserva

$$A = 0.258 \text{ P} = 103.2 \text{ q} \text{ / } 1 \text{ 548} \quad (2)$$

Estas fórmulas son muy generalizadas y deberán revisarse, y además no se las puede extrapolar por encima de 15 tons ni por debajo de 7 tons.

b) Gastos de personal. Estos gastos comprenden los sueldos de los choferes y de sus ayudantes (1 chofer y 1 ayudante por cada camión semi-remolque), los de alojamiento de los mismos y de diversas prestaciones sociales que reciben.

Estos gastos por vehículo son, dentro de los límites que nos interesan, independientes de la carga útil del camión, y dependientes solamente de la cantidad de días de trabajo por año.

/Para doscientos

Para doscientos cincuenta días de trabajo, se estimaron en el presupuesto de la explotación forestal como sigue:

	<u>Dls. por año y vehículo</u>
Sueldos de los choferes	1 500
Sueldos de los ayudantes	875
Recargos y prestaciones sociales	594
Amortización y gastos anuales del alojamiento de este personal	250
	<hr/>
SUMA	3 219 = p

donde p es la cantidad de gastos de personal por camión y por año.

c) Combustible, aceite lubricante, llantas y gastos de mantenimiento. Estos gastos varían con el kilometraje diario recorrido por camión, con la carga útil del vehículo y con la velocidad promedio y también con la clase y estado de mantenimiento de las carreteras recorridas.

Es extremadamente difícil estimar la variación de estos gastos en función de todos los factores.

Los factores principales son evidentemente la cantidad de kilómetros recorridos, la carga útil y la velocidad promedio.

Se ha hecho una estimación por kilómetro recorrido para un camión de semi-remolque con 15 ton de carga útil y para una velocidad básica de 20 Km/h sobre las carreteras principales (correspondiente a 15 Km/h sobre carreteras secundarias y 6 Km/h sobre caminos forestales) y para un recorrido promedio determinado que comprende 28 Km de carretera principal y 10 Km de carretera secundaria y 2 Km de caminos forestales y hemos repetido esta operación para velocidades básicas diferentes y para

/otro tipo

otro tipo de camión. (La velocidad básica tiene aquí el valor de 1,2 veces la velocidad promedio).

En el cuadro que sigue se indica el gasto por kilómetro para camiones de 15 y 7.5 toneladas de carga útil y para la velocidad básica de 20 kilómetros por hora antes referida, así como para los otros valores extremos de esta velocidad, o sea 15 y 30 kilómetros por hora respectivamente. Los cálculos para estos últimos valores aparecen en el apéndice IV.

<u>Carga útil 15 ton</u>			
Velocidad básica	15 Km/h	20 Km/h	30 Km/h
Gastos en Dls. por Km	0.125	0.14	0.170
<u>Carga útil 7.5 ton</u>			
Velocidad básica	15 Km/h	20 Km/h	30 Km/h
Gastos en Dls. por Km	0.082	0.095	0.127

lo que puede representarse aproximadamente así:

$$f = 0.003 V' + 0.00573 q - 0.006 \quad (3)$$

Siendo  $V'$  la velocidad básica.

Si se quiere expresar  $f$  en función de la velocidad media, resulta:

$$f = 0.0036 V - 0.00573 q - 0.006 \quad 3/$$

Se entiende que esta fórmula es apenas una estimación burda sólo válida dentro de límites poco extensos; evidentemente existe una velocidad que los vehículos no podrán sobrepasar.

Por otro lado, la fórmula se estableció bajo la hipótesis de una repartición determinada entre las longitudes de vías de cada categoría, y de una

3/ Véase el gráfico del apéndice IV.

/proporción

proporción determinada entre las velocidades posibles sobre cada clase de vía. Un análisis detallado tendrá que tomar en cuenta, para ser exacto, las variaciones posibles de estos elementos. Para ello se requeriría una fórmula particular para cada clase de vía.

d) Gastos generales de los servicios de transporte. Además de los gastos relacionados con la circulación de los vehículos que efectúan los transportes útiles, hay gastos generales.

Estos gastos generales son, dentro de ciertos límites, independientes de la cantidad de vehículos en servicio y del kilometraje total recorrido.

Se trata de los gastos anuales que consideramos en primera aproximación como fijos. Se estimaron como sigue para una flotilla de unos 100 vehículos:

	<u>Dls. por año</u>
Gastos de manejo, combustibles y llantas para 14 vehículos ligeros y remolcadores de camiones dañados	15 900
Sueldo para 1 jefe de transportes, 1 asistente, 1 mecánico jefe, 6 mecánicos y 3 asistentes de choferes	49 800
Recargo y prestaciones sociales para ellos 25%	12 450
Total	<hr/> 78 150 = D

Si se distribuyen estos gastos entre todos los vehículos, su monto quedará en proporción inversa al número de vehículos de carga en servicio.

## 2. Estimación de la cantidad de camiones de semi-remolque

a) Tiempo de carga y descarga. Pueden hacerse varias hipótesis a este respecto. Como primera hipótesis se supone que los camiones de

/semi-remolque

semi-remolque recibirán su cargamento en el bosque y permanecen en él durante todo el tiempo del cargamento, pero llegando a la fábrica, sólo cambian el remolque lleno por uno vacío.

Esto da como tiempo de carga y de descarga para cada viaje de ida y vuelta:

Cargamento en el bosque	36 minutos
Cambio de remolque en la fábrica	<u>12 minutos</u>
Total	48 minutos

o sea  $\frac{48}{60} = 0.8$  horas  $t_0 = 0.8$  horas

Si en vez de cargar el camión semi-remolque en el bosque pudiera dejarse un remolque estacionado en cada puesto de trabajo para que fuera cargado durante la ausencia del tractor podría cambiarse el remolque vacío por otro lleno también en el bosque y se tendría como tiempo de estacionamiento total por cada viaje:

Cambio de remolque en el bosque	15 minutos
Cambio de remolque en la fábrica	<u>12 minutos</u>
Total	27 minutos

o sea:

$\frac{27}{60} = 0.45$  horas  $t_0 = 0.45$  horas

Pero en este caso habrá que agregar un remolque por cada puesto de trabajo o sea, suponiendo una producción de 96 m<sup>3</sup> por brigada de leñadores por día y de 2 100 m<sup>3</sup> por día, un total de 22 remolques suplementarios a amortizar.

b) Tiempo del recorrido. Daremos enseguida la descomposición para una velocidad básica de 20 Km/h y bajo la hipótesis de una distancia total promedia de 40 Km de transporte compuesta como sigue:

/Carretera

Carretera principal	28 Km	1/2 L <sub>1</sub>
Carretera secundaria	10 Km	1/2 L <sub>2</sub>
Camino forestal	2 Km	1/2 L <sub>3</sub>

que corresponde a una longitud promedio L<sub>1</sub> de 56 Km para las carreteras principales, L<sub>2</sub> de 20 Km para las carreteras secundarias, y L<sub>3</sub> de 4 Km sobre los caminos forestales.

Tiempo de viaje de ida y vuelta:

	<u>Velocidad</u>	<u>Distancia Km</u>	<u>Tiempo en horas</u>
Carretera principal	20 Km/h	28	1.4
Carretera secundaria	15 Km/h	10	0.666
Caminos forestales	6 Km/h	2	0.333
Total ida			2.399
Vuelta <sup>4/</sup>			2.399
Tiempo de carga y descarga t <sub>o</sub>			0.8
Duración del viaje			5.598 = 5.6 hrs

Este tiempo de viaje AR se reduciría a  $4.8 \div 0.45 = 5.25$  h, si se cambiaran los remolques en el bosque.

De una manera más general, si V<sub>1</sub> es la velocidad en Km/h sobre las carreteras principales, V<sub>2</sub> sobre las carreteras secundarias y V<sub>3</sub> sobre los caminos forestales y 1/2 L<sub>1</sub>, 1/2 L<sub>2</sub> y 1/2 L<sub>3</sub> las distancias promedias de transporte sobre cada una de las vías aludidas, la duración del viaje de ida y vuelta es evidentemente:

<sup>4/</sup> Se supone para simplificar, la misma velocidad en la ida con camión vacío que en la vuelta ya que en la ida la mayor parte del camino es en ascenso y en la vuelta en descenso.

$$/t = \frac{L_1}{V_1}$$

$$t = \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_3}{V_3} + t_0 \quad (4)$$

o generalizando, cuando haya más de tres categorías de vías:

$$t = \sum_i \frac{L_i}{V_i} + t_0 \quad (5)$$

c) Cantidad de camiones semi-remolques. Para una cantidad anual de  $Q = 530\ 000\ m^3$  netos que pesan con corteza aproximadamente 1 ton por cada  $m^3$  de madera sin corteza y para 250 días de trabajo por año, con  $q = 15$  tons de carga útil promedio, el peso de madera a transportar por día es:

$$\frac{530\ 000}{250} = 2\ 120 \text{ toneladas o sea } \frac{Q}{250}$$

a razón de 15 ton por viaje, la cantidad de viajes por hacer es:

$$\frac{2\ 120}{15} = 141.33 \text{ viajes por día o sea } \frac{Q}{q \times 250}$$

Suponiéndose 8 horas de trabajo por día y una duración  $t$  del viaje en 5,6 horas, la cantidad promedio de viajes por camión y por día es:

$$8 : 5.6 = 1.428 \text{ o sea } 8/t$$

y la cantidad de camiones en servicio es:

$$\frac{141.33}{1.428} = 99 \text{ (aproximada a 100) o sea:}$$

$$\frac{Q t}{q \times 250 \times 8} = \frac{Q t}{2\ 000\ q}$$

esto puede expresarse en una forma más general así:

$$N = \text{cantidad de camiones} = \frac{Q}{2\ 000\ q} \left( \sum_i \frac{L_i}{V_i} + t_0 \right) \quad (6)$$

3. Estimación de gastos anuales de transporte de madera

Ahora se tienen los elementos para calcular los gastos de transporte de madera con excepción de los gastos que tienen que hacerse para la construcción, el mantenimiento y la amortización de las carreteras.

	Caso de camiones de 15 ton de carga útil (Dls.)	Fórmula general
i) Amortización anual 86 x 12 000 x 0.258 =	266 300	$N (103,2 q / 1 548) = NA$
ii) Gastos del personal = 188 x 3 219	$\frac{276 800}{543 100}$	$N x p$
iii) Kilometraje cada camión recorre por día 2 x 40 x 1.428		$\frac{8 \sum_i L_i}{t}$
Esto es por año: 250 x 2 x 40 x 1.428 = 28 550 Km		$\frac{2 000 \sum_i L_i}{t}$
Para una velocidad básica de 20 Km/h el kilometraje es 0.14 Dls. o sea por camión 0,14 x 28 550 =	3 997	$\frac{f x 2 000 \sum_i L_i}{t}$
y para 100 camiones 86 x 3 997 = 343 740	343 700	$\frac{Nf x 2 000 \sum_i L_i}{t}$
iv) Gastos generales fijos. Estos gastos son:		
	D = 93 000 Dls. por año*	

\* a) Personal obrero 19 000; b) Mantenimiento, combustible, aceite. Vehículos y camiones ligeros 27 500; c) Personal Directivo, empleados y gastos de oficina 25 800; d) Amortización vehículos y camiones ligeros, etc. 20 700.

/v) Recapitulación



v) Recapitulación

Amortización	236 000	(266 300 + 20 700)
Gastos de personal obrero	295 800	(276 800 + 19 000)
Gastos del recorrido	371 200	(343 700 + 27 500)
Personal directivo, empleados y gastos de oficina	25 800	
	<hr/>	
Dls.	977 400	

o sea: 
$$\frac{977\ 400}{460\ 000} = 2,12 \text{ Dls. por m}^3$$

y para 40 kilómetros de distancia total del transporte

$$\frac{2,12}{40} = 0,053 \text{ Dls. por ton/Km}$$

4. Cálculo de la velocidad promedio óptima o mas favorable

Es fácil escribir la fórmula para los gastos en el caso general.

Estos gastos anuales del transporte son:

$$N (A + p) + N f \times 2\ 000 \frac{\sum_i L_i}{t} + D = \theta_t \tag{7}$$

Reemplazando los valores de t y N según las fórmulas (5) y (6) en las que al sustituir  $\sum_i L_i$  por L (distancia promedio) y  $V_i$  por V (velocidad promedio) quedan:

$$t = \frac{L}{V} + t_0 \quad \text{y} \quad N = \frac{Q}{2\ 000\ q} \left( \frac{L}{V} + t_0 \right)$$

nos dará:

$$\frac{Q}{2\ 000\ q} \left( \frac{L}{V} + t_0 \right) (A + p) + \frac{Q}{2\ 000\ q} \left( \frac{L}{V} + t_0 \right) f \times 2\ 000 \frac{L}{\frac{L}{V} + t_0} + D = \theta_t$$

Y simplificando:

$$\frac{Q}{2\ 000\ q}$$

$$\frac{Q}{2000q} (A + p) \left( \frac{L}{V} + t_0 \right) + \frac{Q}{q} Lf + D = \theta t \quad (8)$$

sustituyendo el valor  $f$  según la fórmula (3) nos queda que los gastos de transporte por m<sup>3</sup> de madera, son entonces:

$$\frac{1}{2000q} (A + p) \left( \frac{L}{V} + t_0 \right) + \frac{1}{q} L (0.0036V + 0.00573q - 0.006) + \frac{D}{Q} = \theta t \quad (9)$$

Aquí  $A$  dada por (2), está evaluada por una función lineal de  $q$ , dentro de los límites para los cuales es válida esta aproximación así como la fórmula (3); se ve inmediatamente que el precio del transporte decrece constantemente a medida que la capacidad de carga útil por vehículo aumenta <sup>5/</sup> y que por consiguiente no puede buscarse el valor óptimo o más favorable de carga útil, sin hacer intervenir el gasto de la construcción de vías. <sup>6/</sup>

Se ve igualmente que la velocidad promedio económica se define teóricamente por

$$\frac{\partial \theta t}{\partial V} = 0$$

por lo tanto:

$$\frac{1}{2000q} (A + p) \cdot \frac{L}{V^2} = \frac{0.0036L}{q}$$

o sea:  $\frac{A + p}{2000} = 0.0036 V^2$ , de donde  $V = \sqrt{\frac{A + p}{7.2}}$  (10)

<sup>5/</sup> Esto sería también correcto para una fórmula que diese una representación mejor de la amortización en función de la capacidad de carga del camión.

<sup>6/</sup> También existe un interés evidente en disminuir  $t_0$  porque el incremento de  $A$  para los remolques suplementarios producen generalmente un efecto inferior a la disminución de  $(A + p) t_0$ .

/En el caso

En el caso del camión de 15 toneladas de carga útil promedio práctica:

$$A = 3\,096 \text{ Dls.} \text{ y } p = 3\,296 \text{ Dls.}, \text{ entonces } A \cdot p = 6\,315$$

$$\text{luego: } V = \sqrt{\frac{6\,315}{7,2}} = \sqrt{877,08} = 29,6 \text{ Km/h}$$

Esta velocidad es independiente de la distancia promedio del transporte, y disminuye ligeramente cuando la capacidad del camión disminuye.

Es, naturalmente, tanto más grande cuanto mayores son el porcentaje de amortización y los gastos de personal por camión,<sup>7/</sup> y aumenta igualmente en la misma proporción que disminuye el precio del Diesel Oil.

Pero es muy importante apreciar que los gastos  $\theta_t$  de transporte por m<sup>3</sup> varían muy poco a medida que varía la velocidad promedio, al acercarse al valor que da de gasto mínimo (Véase gráfico del apéndice V).

Como consecuencia es de evidente interés escoger una velocidad algo inferior a la velocidad óptima teórica, porque el aumento de esa velocidad escogida, sólo proporcionará economías insignificantes y puede, en cambio, requerir características más costosas para las carreteras.

Por eso, la velocidad básica de 20 Km/h, adoptada anteriormente, (que corresponde a una velocidad promedio de 18,5 Km/h), puede considerarse conveniente.

El problema debe ser revisado, con más detenimiento porque el coeficiente  $\gamma_0 = 0,0036$ , (que hemos adoptado para representar la influencia

<sup>7/</sup> Si hubiéramos tomado un coeficiente de amortización de 0,2 en vez de 0,258, sería

$$A = 2\,400; A \cdot p = 5\,619; \frac{A \cdot p}{7,2} = 780; V = 28 \text{ Km/h}$$

/del aumento de

del aumento de la velocidad, sobre los gastos proporcionales a la distancia recorrida por el camión), debe ser conocido con mayor precisión.<sup>8/</sup>

---

8/ El método de cálculo de la velocidad económica que hemos presentado, es evidentemente, un método poco estricto aunque suficiente para una estimación aproximada. Un método exacto debe tomar en cuenta:

- a) El hecho de que  $\gamma$  o varía en la medida que cambia la proporción del recorrido sobre los caminos forestales, sobre las carreteras secundarias y sobre las principales.
- b) El hecho que  $\gamma$  o varía igualmente con el estado de las carreteras y sus características y que es, naturalmente, más acentuado, cuanto más malas sean las carreteras.

En consecuencia la determinación de la velocidad económica no puede ser determinada con todo rigor, si se prescinde de todas las características de la red de carreteras incluidos los costos de construcción. Más el error cometido al no considerar estos factores es, en realidad, menor que los derivados de lo incierto de los valores que se atribuyen a  $\gamma$  en las diferentes categorías de carreteras.

#### IV. RED DE CAMINOS FORESTALES

##### 1. Trazado general de la red de carreteras principales

El estudio de las fotografías a 1:60 000 de la parte norte de la región forestal permitió formarse una primera idea de la red de vías a proyectar.<sup>9/</sup> Para la determinación de las carreteras principales hay que tener presentes las consideraciones relativas a la explotación forestal y a la conexión de la fábrica con otras regiones distintas a la zona del bosque en explotación. La topografía general de la región no permite muchas disyuntivas entre los trazados posibles.

Después de reducir al mínimo la longitud de la red de carreteras principales, porque son muy costosas, sólo se conservaron en el proyecto tres carreteras de esta clase:

a) La primera, que se inicia en el río Alao, se dirige hacia el este por el valle del río Cuaca, sigue hacia el valle del río Aguán, y de allí continua hacia Puerto Castilla. Dará servicio a la zona norte de la región de pinos y a la zona de árboles de hoja ancha situada al norte de la misma.

La longitud dentro de los límites de la explotación forestal es de 38 Km en la zona de pinos más 13 Km en la zona de hoja ancha, con un total de 51 Km (longitud desde la explotación forestal hasta Puerto Castilla, 105 Km, longitud total: 156 Km, de los cuales, 80 Km son de Cuaca a Puerto Castilla y podrán seguir el trazado del antiguo ferrocarril).

<sup>9/</sup> Debemos a la amabilidad de los señores Elías y Corn, los trazados preliminares de las diversas carreteras principales posibles, según las fotografías aéreas de 1:60 000.

/b) La segunda,

b) La segunda, parte de las cercanías de Pueblo Viejo, continúa por el valle de uno de los afluentes a la izquierda del río Mame, se dirige hacia el río Comayagüela y lo cruza a algunos kilómetros río abajo del pueblo de Comayagüela, hacia el noroeste de Jano, donde dobla hacia el sur, en dirección a Salamá. Esta carretera queda enteramente dentro de la zona de pinos. Su longitud total de Pueblo Viejo a Salamá, será de unos 77 a 80 Km. Sin embargo, el interés de los últimos 15 Km no es primordial para la explotación forestal, que podría resolver su problema de transporte con una carretera secundaria para este tramo final.

c) La tercera, se origina en las cercanías de Pueblo Viejo, continúa por el valle del río Alao, se une durante 6 Km a la carretera A, sigue después por el valle de los afluentes de la margen izquierda del río Alao y se dirige al SE para continuar por el valle de uno de los afluentes del río Sico y llegar a Chindona. Continúa de allí hacia el valle superior del río Sico y termina a varios kilómetros al norte de Gualaco. Esta carretera está situada completamente dentro de la zona de pinares, y se prolongará hacia el este y el sur por medio de caminos secundarios. Su longitud total, es de unos 50 Km, de los cuales 44 se construirán tomando en cuenta los 6 Km que le son comunes con la carretera A.

El conjunto de las carreteras A y B, constituye el eje principal de la explotación y sirve al mismo tiempo de camino de enlace de la fábrica con las regiones exteriores: A, es la carretera principal de enlace con Puerto Castilla y B, es la de conexión con Salamá y Tegucigalpa.

/Las carreteras

Las carreteras A y B, son de evidente interés nacional puesto que pueden constituir una conexión corta entre Tegucigalpa y Puerto Castilla.

El conjunto de estas carreteras principales se presenta en resumen como sigue:

	Longitud total (Km)	A construir para explot. forestal y a la fábrica (Km)	Longitud de recorrido para la explotación forestal (Km)	Longitud a construir para la fábrica (Km)
Carretera "A" Pueblo Viejo-Puerto Castilla	156	51	51	105
Carretera "B" Pueblo Viejo-Salamá	80	65	65	15
Carretera "C" Pueblo Viejo-Chindona-Gualaco <u>10/</u>	50	44	50	0
			166	120

Longitud promedio del recorrido total para la explotación forestal

$$166/3 = 55,3 \text{ Km}$$

Longitud total a construir:

Mixtas para explotación forestal y fábrica	51 + 65 =	116 Km
Para la explotación forestal solamente		44
		160
Fábrica		120
Total		280 Km

10/ 6 Km comunicados con la carretera "A".

/Las carreteras

Las carreteras A y B, de una longitud total de 236 Km, podrán ser consideradas igualmente, como de interés para la nación de Honduras.

El mapa del capítulo II del primer volumen da una idea del trazado de las carreteras principales.

Del estudio del cuadro anterior y del mapa mencionado, se deduce la posible conveniencia de que las carreteras principales deban dividirse en varias categorías por las diferencias de densidad de tránsito que han de recibir.

Sobre todo el pequeño tramo de 6 Km, común a las carreteras A y C, tendrá que sostener un tráfico máximo, pues recibirá el tránsito forestal de las carreteras A y C, más el tránsito total entre la fábrica y el puerto y viceversa.

Después sigue la carretera A, en sus primeros 51 Km pasado Pueblo Viejo, tramo que recibirá el tránsito forestal de la explotación, más el tráfico total de la fábrica al puerto y viceversa.

La carretera C tendrá un tráfico forestal un poco más elevado que la carretera B, porque recibe casi toda la explotación de pinabete. Por otra parte, la carretera B, recibirá además del tráfico forestal, el tráfico de la fábrica a Tegucigalpa y viceversa.

Por fin, eventualmente, como ya hemos dicho, las carreteras A y B podrán servir de enlace entre Tegucigalpa y Puerto Castilla. Un tránsito de interés general habrá de sumarse entonces al tráfico de la fábrica y de la explotación forestal y deberá tomarse en cuenta, antes de fijar definitivamente las características de estas carreteras, para no tener que reconstruirlas completamente cuando el tráfico de Tegucigalpa a Puerto Castilla se desarrolle. El problema que se plantea a este respecto, consiste

/en averiguar



en averiguar qué parte de los gastos de construcción, pueden considerarse como gastos de interés general.

En lo referente al planeamiento de la construcción, según categorías, también hay una diferencia considerable.

Las carreteras A y B son necesarias en su totalidad, desde el comienzo de las operaciones de la fábrica; y la carretera A, antes de dicho comienzo. La carretera C, por el contrario, no será necesaria en su totalidad al principio de las operaciones.

El cuadro del apéndice VI, da indicaciones sobre el tráfico a presumir.

## 2. Carreteras secundarias

Aquí nuevamente, se presentan dos subdivisiones. Del estudio aproximado de las densidades forestales, parece deducirse que la región noroeste del bosque, es relativamente rala. Esta región forma una banda de extensión moderada que queda muy retirada de la fábrica, por lo que no parece necesaria una carretera costosa, de primera clase, para su explotación. Por consiguiente, se proyectará unirla por medio de una carretera de tipo secundario que, a su vez, deberá recibir el tránsito de otras carreteras del mismo tipo.

En otras partes de la región forestal se repite el caso en que las carreteras consideradas como secundarias, habrán de recibir el tráfico de otras carreteras secundarias. Nos veremos obligados, entonces, a considerar carreteras secundarias de la 1.ª y 2.ª categorías pudiendo unirse estas últimas a las de la categoría 0 o a las carreteras principales.

/El trazado

El trazado de las carreteras secundarias de la categoría está, como el de las carreteras principales, determinado por la forma del terreno y por las consideraciones de densidad forestal antes expuestas; esta red de carreteras no ha de ser de gran extensión; en lo concerniente a las carreteras secundarias de 2a. categoría, que reciben el tráfico directamente de los caminos forestales, el problema es enteramente distinto, según veremos enseguida.

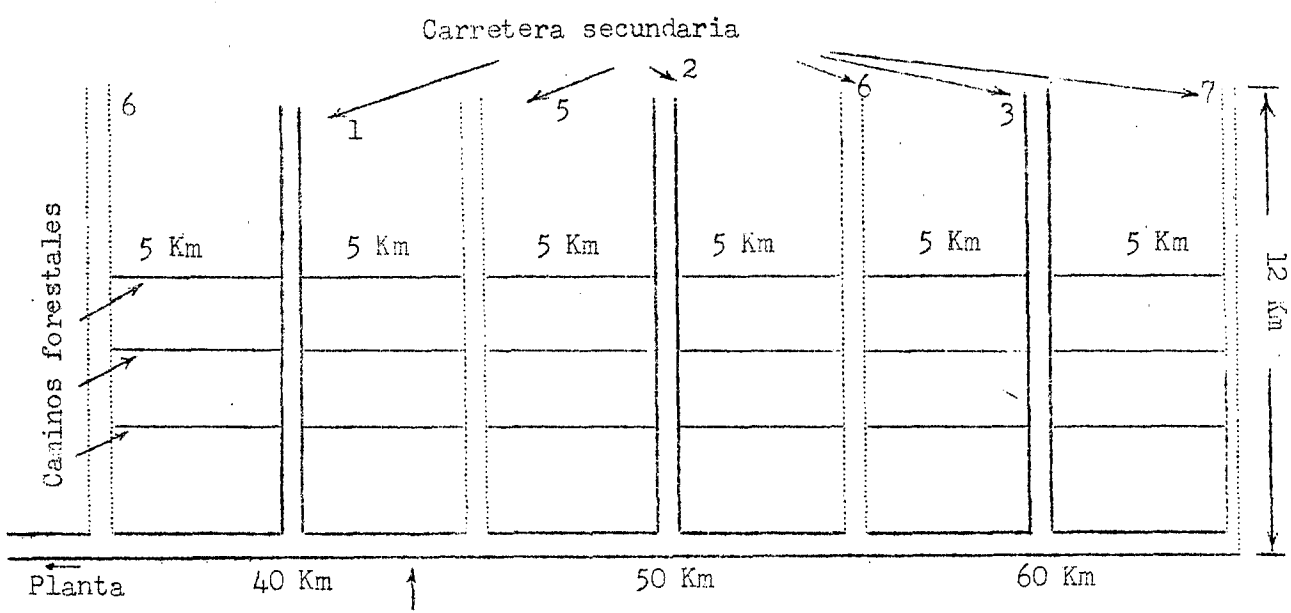
### 3. Carreteras secundarias de 2a. categoría y caminos forestales

El problema que se presenta a este respecto es que mientras la longitud promedio de una carretera secundaria está determinada aproximadamente, después de haber trazado la red de carreteras principales y de las carreteras secundarias de primera categoría, la amplitud de la red de carreteras secundarias está sin determinar. Pueden construirse caminos forestales de corta extensión y numerosas carreteras secundarias, o por el contrario, hacerse caminos forestales más largos y menos carreteras secundarias.

Los caminos forestales resultan más baratos que una carretera secundaria, porque, por una parte, la duración de su servicio es corta y, por otra, si no son muy largos, podrá preverse una velocidad moderada. Sin embargo, el tráfico resulta más costoso por los caminos forestales cuanto mayor sea su longitud y sube más cuanto mayor es el recorrido promedio total de la madera, porque parte de la distancia recorrida por caminos forestales, no lo es para acercar la madera a la carretera principal.

/Este último

Este último punto se pone en evidencia en el caso de un diseño rectangular.



Carretera principal o secundaria la. categoría

Aquí, las carreteras secundarias de 12Km de longitud en principio se suponen separadas cada 10 Km, por lo tanto la longitud de los caminos forestales es de 5 Km.

El recorrido promedio de la madera por la carretera 1, es:  $5/2$  sobre los caminos forestales,  $12/2 = 6$  sobre la carretera 1 y 40 sobre la principal,

o sea:

Carretera 1	$40 \div 6 \div 2.5 = 48.5$ Km
Carretera 2	$50 \div 6 \div 2.5 = 58.5$
Carretera 3	$60 \div 6 \div 2.5 = 68.5$
	<hr style="width: 10%; margin-left: auto; margin-right: 0;"/>
	175.5 Km

Recorrido promedio  $175.5/3 = 58,5$  Km

/Ahora, si

Ahora, si consideramos una distancia de solamente 5 Km entre las carreteras secundarias, duplicando la cantidad de estas carreteras, los caminos forestales tendrán en promedio 2,5 Km; y tendremos para la misma zona del diseño anterior, los recorridos siguientes:

Recorrido 6	$35 \neq 6 \neq 1,25 = 42,25$	peso 1/2	21,12
Recorrido 1	$40 \neq 6 \neq 1,25 = 47,25$	peso 1	47,25
Recorrido 5	$45 \neq 6 \neq 1,25 = 52,25$	peso 1	52,25
Recorrido 2	$50 \neq 6 \neq 1,25 = 57,25$	peso 1	57,25
Recorrido 4	$55 \neq 6 \neq 1,25 = 62,25$	peso 1	62,25
Recorrido 3	$60 \neq 6 \neq 1,25 = 67,25$	peso 1	67,25
Recorrido 7	$65 \neq 6 \neq 1,25 = 72,25$	peso 1/2	36,12

---

343,49

Recorrido promedio  $343,5 : 7 = 49,1$  Km

Hemos ganado así, 9.4 Km sobre el trayecto promedio total, o sea cerca del 20%, y hemos reducido a la mitad, el recorrido difícil por los caminos forestales, sin modificar la longitud total de los caminos forestales a construir; pero hemos duplicado la cantidad de carreteras secundarias a construir y disminuído a la mitad el tráfico que habrán de soportar.

Por supuesto, este efecto de reducción relativa del recorrido total, será más elevado para las zonas más cercanas a la fábrica y disminuirá para las zonas más alejadas.

Se entiende que el diseño rectangular está muy lejos de la realidad; pero se observará un fenómeno análogo cuando las carreteras no sean perpendiculares entre sí, ni rectilíneas.

/En el caso

En el caso real se ve que la longitud de los caminos forestales y la densidad de las carreteras secundarias son indeterminadas, pero que entre estos dos valores existe una relación. Esta relación depende de la topografía del terreno, suponiéndose que la red de carreteras de clases superiores ya está determinada.

Si llamamos  $l_2$  a la densidad de las carreteras secundarias (la cantidad de Km. de carretera por cada Km<sup>2</sup> de superficie), y  $l_1$  a la longitud promedio de un camino forestal, tenemos esencialmente,  $l_1 l_2 = K_2$ , siendo K un coeficiente sin dimensión que llamamos coeficiente topográfico (véase apéndice VII).

Como la reducción de la longitud de los caminos forestales implica una economía en gastos de transporte (cargos por acarreo), mientras el aumento correspondiente de la densidad de las carreteras secundarias hace subir los gastos por concepto de construcción de carreteras, debe existir, si todas las demás circunstancias son iguales, una longitud óptima o más favorable para los caminos forestales.

Se hace resaltar que un problema del todo análogo se ofrece para determinar la distancia de acarreo promedio de las maderas, por medio de tractor oruga o cualquier procedimiento. Esta distancia, no influye sobre la longitud promedio de un camino forestal, pero sí sobre la densidad  $l_1$  de la red de caminos forestales; y se obtendrá lo mismo, llamando  $L_0$  a la distancia del acarreo de trasbordo a los camiones, una relación en la forma  $L_0 l_1 = K_1$ , siendo  $K_1$ , un coeficiente topográfico.

4. Cálculo de la longitud óptima o más favorable, para caminos forestales. Este problema se complica, porque en la búsqueda de la longitud promedio más favorable que se puede adoptar para los caminos forestales, intervienen, además de

/la topografía

la topografía local, el costo de la construcción de caminos y de carreteras y de los cargos de acarreo sobre los caminos y las carreteras; el costo de construcción por unidad (costo por un Km de carretera, o de un Km de caminos) y los cargos de acarreo por Km, no son independientes uno del otro.

En efecto, destinándose un fuerte desembolso para la construcción y mantenimiento de carreteras y caminos, pueden reducirse las pendientes, lo cual hará posible que se aumente la carga admisible para cada vehículo y se disminuyan los gastos de combustible, llantas y reparaciones. Se facilita, asimismo, una velocidad más elevada, rebajando así, no solamente los gastos por Km, sino también los gastos totales de acarreo por m<sup>3</sup> transportado, que dependen igualmente de la carga y de la velocidad.

Siempre puede tenerse una idea del valor óptimo de la longitud promedio a adoptar, procediendo de la manera siguiente:

Sean  $G_1$ ,  $G_2$ ,  $G_3$ ,  $G_4$ , los cargos anuales entrañados por la construcción y el mantenimiento, respectivamente, de los caminos forestales, de carreteras secundarias de primera y segunda categorías y de carreteras principales. <sup>11/</sup> El total de madera transportada por año, siendo  $Q$  el costo por m<sup>3</sup>, es:

$$\theta_r = \frac{G_1 + G_2 + G_3 + G_4}{Q}$$

Además, la fórmula (9) establecida anteriormente, da los gastos  $\theta_t$  del transporte por m<sup>3</sup> transportado.

El costo total del transporte por m<sup>3</sup> de madera, inclusive los gastos atribuidos a las carreteras, es:

$$\theta = \theta_r + \theta_t$$

<sup>11/</sup> Por la parte que está a cargo de la explotación forestal.

La fórmula (9) puede escribirse también, especificándose los términos relacionados con las diversas carreteras:

$$\theta_t = \frac{A \cdot f \cdot p}{2000 \cdot q} \left( \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_2}{V_2} + \frac{L_3}{V_3} + \frac{L_4}{V_4} + t_0 \right) + \frac{1}{q} \left( f_1 L_1 + f_2 L_2 + f_3 L_3 + f_4 L_4 \right) + \frac{B}{Q}$$

Formularemos las advertencias siguientes:

a) La longitud total de los caminos forestales a construir, no depende de la densidad de la red de carreteras secundarias de 2a. categoría, ni de otras carreteras.

b) Las longitudes promedias  $L_2$ ,  $L_3$ ,  $L_4$ , están, como ya dijimos, determinadas.

c) El conjunto de las carreteras  $L_3$  y  $L_4$ , está igualmente determinado; así que dentro de la expresión  $\theta_r$ , la única cantidad variable es  $G_2$ , costo total anual para las carreteras secundarias de 2a. categoría.

Es perfectamente admisible suponer que estas carreteras (así como también los caminos forestales), se construyen anualmente por la cantidad de explotación anual que facilitan y que se puede, para simplificar, considerar que los gastos anuales, comprenden también la conservación de estas carreteras. Si  $\delta_2$ , es la densidad de la explotación, (cantidad de m<sup>3</sup> explotados por Km<sup>2</sup>), dentro de la zona en la que se extienden las carreteras secundarias de 2a. categoría, la cantidad de madera suministrada por estas carreteras es  $S \delta_2 = Q$ , y la longitud total de las carreteras construídas es  $S l_2$ , siendo  $l_2$  la densidad de la red de dichas carreteras. Se tiene pues, por una parte:

<sup>12/</sup> Surge en este punto una pequeña dificultad, pues hay que conservar también cierta parte de aquellas carreteras que ya se han construído con anticipación. Pero como se verá en seguida, el cálculo de esta fracción depende del plan de explotación adoptado. En todo caso, el costo principal se debe siempre a la construcción

$$\theta_r = \frac{G_2}{Q}$$

$$\theta_r = \frac{G_2}{Q} + \frac{G_1 + G_3 + G_4}{Q} = \frac{G_2}{Q} + B$$

y, si  $G_2$  es el costo de construcción promedio para 1 Km de carretera secundaria de 2a. categoría dentro de la zona considerada:

$$G_2 = S l_2 C_2 \text{ y por consiguiente } \theta_r = \frac{S l_2 C_2}{S S_2} + B; \quad \theta_r = \frac{l_2 C_2}{S_2} + B$$

en que B es independiente de la longitud promedio de un camino forestal.

Dentro de la expresión  $\theta_t$ , las únicas cantidades donde figura  $L_1$ , son:

$$\frac{(A + p)}{2000 q} \frac{L_1}{V_1} + \frac{1}{q} L_1 f_1$$

$$\text{Entonces podemos escribir } \theta = \theta_r + \theta_t = \frac{l_2 C_2}{2} + \frac{A + p}{2000 q} \frac{L_1}{V_1} + \frac{L_1 f_1}{q} + B'$$

siendo B', independiente de  $L_1$ . Finalmente, reemplazamos  $l_2$  por su valor en función del coeficiente topográfico  $K_2$  y de  $L_1$ .

El valor óptimo de  $L_1$  es entonces, aquel que anula el cociente diferencial parcial de  $\theta$  según  $L_1$ .

$$\frac{\partial \theta}{\partial L_1} = \frac{A + p}{2000 q V_1} + \frac{1}{q} f_1 - \frac{C_2 K_2}{L_1^2 S_2} = 0$$

$$\text{de ahí que } L_1 \text{ óptima} = L_1 \text{ op} = \sqrt{\frac{q}{S_2^2} \frac{C_2 K_2}{\frac{A + p}{2000 V_1}}} + f_1 \quad (11)$$

/Esta fórmula



Esta fórmula es exacta y supone la mejor solución de  $L_1$ , si <sup>13/</sup>  
 $C_2$ ,  $f_1$ ,  $V_1$  y  $q$  tienen su valor óptimo o más favorable.

Como buscamos solamente cierta aproximación al valor óptimo, o más favorable, pretender una exactitud demasiado rigurosa no sería razonable, por desconocerse los coeficientes exactos a introducir en las fórmulas que definen las otras variables; pueden tomarse para  $C_2$ ,  $q$ ,  $f_1$ ,  $V_1$  los valores que parezcan más verosímiles.

Para  $q = 15 \text{ m}^3$  (o toneladas),  $S_2 = 5\,000 \text{ m}^3/\text{Km}^2$ , o sea  $50 \text{ m}^3/\text{ha}$

$f_1 = 0,18 \text{ Dls./Km}$ ;  $V_1 = 6 \text{ Km/h}$  sobre los caminos forestales <sup>14/</sup>

y,  $A \neq p = 6\,315$  (valor establecido en la fórmula 10)  $K_2 = 1$  (apéndice VII) se halla para:  $C_2 = 4\,000 \text{ Dls. por Km}$  (costo de construcción y mantenimiento de 1 Km de carretera secundaria)

$$L_1 \text{ op} = 4 \text{ Km}$$

y para  $C_2 = 6\,000 \text{ Dls.}$   $L_1 \text{ op} = 5 \text{ Km}$

Así que esta longitud no depende directamente del costo de construcción de los caminos forestales, mas este costo se introduce por intermedio de los cálculos del valor óptimo de  $V_1$  y de los costos de construcción de  $C_1$ ,  $C_2$ , etc.

Vimos al mismo tiempo, que, muy probablemente, una variación de  $V_1$ , dentro de un margen bastante extenso, no modifica sensiblemente los precios de costos de acarreo por  $\text{m}^3$ . Es decir que el denominador  $\frac{A \neq p}{V_1} \neq f_1$  varía poco en función de  $V_1$ . Por el contrario, las variaciones serán más sensibles

<sup>13/</sup> Se vé así que para resolver completamente el problema, es menester resolver el sistema de ecuaciones simultáneas:

$$\frac{\partial \theta}{\partial x_i} = 0 \text{ en donde } x_i \text{ son las variables a perfeccionar}$$

<sup>14/</sup> Suponiendo que  $f_1$  tiene su valor óptimo en función de  $C_1$  con  $f_1 = 0,10 V_1 \neq b$

/en función

en función del costo de construcción de caminos forestales que influye únicamente sobre  $f_1$ .

En lo que concierne a la influencia de la densidad promedio de la explotación  $\int_2$ , esta influencia puede considerarse eliminada, o en todo caso reducida, para el cálculo del valor óptimo o más favorable de  $C_2$ .

La búsqueda del valor óptimo de la capacidad de carga útil de un camión es un problema muy complicado; esta capacidad interviene en todos los factores y de una manera difícil de determinar.

La distancia de trasbordo de la madera del bosque a los camiones no interviene directamente, pero es el factor determinante de la densidad o extensión de la red de caminos forestales.

Se ha examinado el caso en el que una parte del bosque quedaría situada a los lados de las carreteras secundarias; el trasbordo se haría directamente a los camiones sobre dichas carreteras, inmediatamente después de su construcción. Esto ayudará a reducir un poco la longitud óptima de los caminos forestales.

En conclusión, y tomando en cuenta esta última aclaración, parece que la longitud promedio que habrá de darse a los caminos forestales, será de alrededor de 4 Km.

##### 5. Densidad de la red de carreteras secundarias de 2a. categoría

Una vez determinada la extensión aproximada de la longitud promedio de un camino forestal, la densidad de la red de carreteras secundarias está determinada asimismo, porque

$$L_1 l_2 = K_2$$

/Lo que

Lo que resulta en :  $4 l_2 = 1$  ;  $l_2 = 0,25$  . Es decir, 250 m por Km<sup>2</sup>, o sea 28 Km por 11 300 ha. (Superficie promedio de explotación anual.)

Se puede, naturalmente, discutir el valor del coeficiente topográfico  $K_2$  y rectificarse según sea necesario al trazar la red sobre el mapa. Esto conduce a modificar ligeramente  $L_1$  dentro de las zonas en las que  $K_2$  se aleja sensiblemente del valor supuesto.

Como hace falta asimismo construir carreteras secundarias de la categoría se ha admitido que el conjunto equivale a unos 40 Km de carreteras secundarias de 2a. clase, por año.

#### 6. Densidad de la red de caminos forestales

Como hemos dicho anteriormente, la densidad de la red de caminos forestales depende esencialmente de la longitud óptima adoptada para el trasbordo dentro del bosque a los camiones, y esto sí es función de consideraciones relativas a la explotación forestal propiamente dicha, en correlación con las máquinas empleadas y la naturaleza del terreno.

El plan de explotación forestal ha fijado la superficie explotada por los caminos forestales, en 25 ha por Km, con la utilización, en principio, de los Caterpillar D7.

En estas condiciones, la densidad de la red de caminos forestales es: 15/

$$L_1 = \frac{1}{0.25} = 4 \text{ Km/Km}^2$$

Es decir que deberán construirse, para 9 500 ha de explotación anual promedio, cerca de 380 Km por año de caminos forestales.

15/ Esto corresponde a un coeficiente topográfico  $K_1 = 0,9$  y una longitud promedio del transporte de maderas en el bosque, de  $\frac{0,9}{4} = 0,22 \text{ Km}$

/7. Trazado

## 7. Trazado práctico de la red de vías

Han quedado determinadas, más o menos en primera aproximación, todas las características generales del trazado de la red de vías forestales.

El trazado real de la red debe efectuarse sobre un mapa topográfico preciso, según los métodos normales para emprender el trazado de las carreteras. Se necesita, pues, disponer de una gran precisión en el mapa con curvas de nivel exactas.

No disponiendo de tal mapa, efectuamos sobre un croquis de una escala de 1: 60 000, elaborado a base de las fotografías aéreas, un trazado aproximado de las carreteras secundarias, según la posición de los valles determinados con la ayuda de observaciones estereoscópicas de las fotografías.

Este trazado, que no puede considerarse definitivo, tiene por objeto proporcionar una idea preliminar de la red vial y permitirá apreciar el valor óptimo que deberá darse a los diversos elementos.

Para hacer el trazado, se recomienda buscar cuál debe ser la distancia aproximada entre las carreteras secundarias de 2a. categoría.

Sabemos que su densidad debe ser de cerca de 25 Km por cada 10 000 ha o 100 Km<sup>2</sup>. Para una longitud rectilínea de 10 Km de carretera principal o secundaria de la. categoría, la superficie dominada por ambos lados es de aproximadamente 50 Km<sup>2</sup>, con cerca de 5 Km de ancho, lo que puede corresponder a una longitud de 6 a 8 Km de carretera rectilínea. Como necesitamos 12,5 Km de longitud real de carretera secundaria de 2a. categoría dentro de esta fracción de superficie, puede haber aquí 1 o 2

/carreteras

carreteras secundarias y otras tantas al otro lado. Es decir, por regla general, una carretera de un lado y 2 del otro, o bien que sobre la dirección promedia rectilínea de la carretera principal, o secundaria de la categoría, la distancia promedia que separa los empalmes de las dos carreteras secundarias puede ser alrededor de 3.3 Km. Lo que puede corresponder a 4 Km de longitud real de carretera principal o secundaria de la categoría.

Por lo demás, hay que dejarse guiar después por la posición de los valles y las posibilidades del trazado de caminos forestales, que deberán quedar a distancias de unos 300 a 400 m, determinados estos mismos por la disposición de los pequeños valles, al verificarse que la longitud real de estos últimos es de 4 Km, o sea de 2.5 a 3.5 de longitud rectilínea aproximadamente.

Verificamos enseguida la longitud por medio de medidas con el curvímetro, teniendo en cuenta cierto margen debido, en parte, a la falta de precisión en el trazado y por otra parte al hecho de que las longitudes reales serán mayores sobre el terreno a causa de las pendientes y de las curvas que no aparecen en la escala pequeña.

Se verifica, finalmente, el valor del coeficiente topográfico. Si es muy diferente del valor adoptado, hay que modificar la distancia convenida para las carreteras secundarias y las longitudes de los caminos forestales según la fórmula (11).

Repetimos que un estudio de esta clase no puede constituir un trazado definitivo, que debe hacerse por medio de una topografía muy precisa y un mapa muy exacto de las densidades forestales.

## V. CARACTERÍSTICAS DE LAS CARRETERAS

### 1. Intensidad del tráfico por carreteras y caminos

#### a) Intensidad del tráfico por carreteras principales:

i) El tráfico sobre la carretera A puede establecerse como sigue:

##### Exportación hacia Puerto Castilla

Madera aserrada (timber) 240 m <sup>3</sup> /día	160 ton/día
Pulpa	<u>250 ton/día</u>
(32 camiones)	410 ton/día

##### Importaciones desde Puerto Castilla

<sup>16/</sup> Fuel Oil	
Productos químicos y diversos	<u>40 ton/día</u>
(utilizando 4 a 5 camiones de regreso)	40 ton/día

Dentro del límite de la explotación forestal y hasta el Km 6, esta carretera recibirá 150 ton/día de maderas de hoja ancha y de pinos que salen para la fábrica. Esta sección tendrá entonces un tráfico hacia la fábrica, de:

Importaciones	40 ton/día	
Madera no elaborada	<u>260 ton/día</u>	17 camiones/día
Total	300 ton/día	

Camiones llenos, y vacíos en regreso 32 al día

Total en dirección a la fábrica sobre este tramo 49 al día

Finalmente el tramo entre el Km 6 y la fábrica recibirá además del tráfico anterior, el de la carretera C: madera sin elaborar 600 ton/día, 40 camiones, o sea:

16/ Se supone que el aceite combustible será transportado en recipientes plásticos que podrán ser recogidos después de vaciados y cargados en el puerto para su regreso a la fábrica, por los camiones que transportan madera o papel. (Recipientes de 10.5 m de largo por 1.4 m de ancho, capacidad de 14 m<sup>3</sup>, peso vacíos de 472 Kg, precio 2 000 Dls.; son fabricados por la U.S. Rubber Co.) El aceite combustible está utilizado únicamente por la variante del proyecto básico.

Tráfico de importaciones	40 tón/día	32 camiones/día
Madera no elaborada	<u>860 ton/día</u>	57 camiones/día
Total	900 ton/día	89 camiones/día

Por la primera sección pasarán en promedio 22 camiones por hora, pero habrá necesariamente horas de tráfico acumulado, partiendo muchos camiones simultáneamente por la mañana y regresando por la tarde. Por consiguiente, esta sección debe adaptarse a un tráfico por lo menos triple de este promedio, es decir, un poco más de un camión de 15 ton cada minuto.

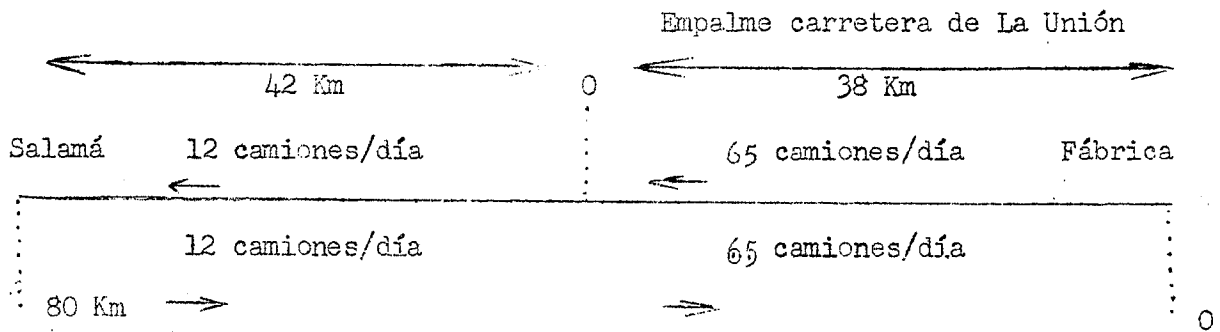
La segunda sección debe abarcar un promedio de 12 camiones por hora; pero también con horas de acumulación de tráfico 2 o 3 veces más fuertes y por las mismas razones, o sea, un camión de 15 ton cada 2 minutos.

La tercera sección de 105 Km, deberá poder sostener un tráfico de 8 camiones por hora con acumulaciones de tránsito menos fuertes y pudiéndose reglamentar el tráfico del puerto a la fábrica y viceversa un poco mejor, podrá preverse un camión para cada 5 minutos.

Sin embargo, a este tráfico sobre las 3 secciones, se agregará el tráfico de los vehículos livianos y el de las máquinas para la construcción de los caminos y carreteras y para la explotación de los macizos forestales, que podrá también ser reglamentado y dejado para las horas de menos tránsito. Pero también hay que tomar en cuenta eventualmente, el tránsito público entre Tegucigalpa y Puerto Castilla, cuya importancia no hay que subestimar.

ii) Sobre la carretera B, haremos el diseño siguiente:

/Empalme



Tráfico forestal aproximadamente 35 camiones → 500 ton

35 camiones ← regresan vacíos

O sea un tráfico promedio de alrededor de 16 camiones por hora cerca de la fábrica, que se reduce a cerca de 3 camiones por hora, en el extremo cerca de Salamá.

Habrán asimismo horas en que el tráfico se acumulará y los primeros 30 Km estarán algo menos recargados que el tramo más recargado de la carretera A.

iii) El tráfico sobre la carretera C será puramente forestal y se emplearán 54 camiones diarios para los viajes de ida y vuelta, o sea un promedio de 13.5 camiones por hora. Multiplicándose por 3 para tomar en cuenta las horas de acumulación, resultarán 40 camiones por hora, o sea un camión cada 1.5 minutos; pero esto parece exagerado porque habrá muchos camiones que transitarán en las horas intermedias entre las acumulaciones. Suponiéndose que todos los camiones regresarán en un término de 2 horas, (que sólo puede ser cierto para determinado número de camiones) habría una acumulación de 27 camiones por hora o 1 camión cada 2 minutos, aproximadamente.

/Este tráfico



Este tráfico será siempre más fuerte que sobre los últimos 105 Km de la carretera A.

b) Intensidad del tráfico por las carreteras secundarias de la categoría.

Estas carreteras de carácter semipermanente se construirán a medida que las necesidades de la explotación lo indiquen. Serán utilizadas solamente durante cierto número de años dentro del primer ciclo de corte de 30 años.

Durante los períodos de su utilización, el tráfico máximo será de 30 camiones cargados diariamente en un sentido y de 30 vacíos en el otro.

c) Intensidad del tráfico por las carreteras secundarias de 2a. categoría.

El tráfico total de una carretera de segunda categoría está determinado por la superficie forestal que sirve, que es un promedio de cerca de 400 ha por Km de carretera; pero, la intensidad del tráfico depende de la longitud y de los años que prestará servicio la carretera.

Pueden en efecto, digamos cada año, terminarse y prolongarse algunas carreteras secundarias o, por el contrario, construirse muchas carreteras pero más cortas; la intensidad del tráfico será menor en este caso.

Si se terminan solamente 2 carreteras secundarias por año, que no es mucho, se harán alrededor de 12 Km de carretera que servirán:

$12 \times \frac{1}{0.25} = 48 \text{ Km}^2$  o sea 4 800 ha. Con una explotación de maderas de 50 a 60 m<sup>3</sup>/ha se obtendrá un máximo de 288 000 m<sup>3</sup> por año, o sea 288 000/250 días = 1.152 m<sup>3</sup>/día, es decir de 75 a 80 camiones.

En realidad el tráfico será un poco más reducido a causa de los caminos de explotación que desembocan directamente sobre las carreteras secundarias de la categoría y sobre las carreteras principales.

/Deben

Deben calcularse aproximadamente 60 camiones por día en las carreteras secundarias de 2a. categoría, o sea 7.5 por hora en cada sentido como promedio, ó 15 en ambos sentidos; y en las horas de tráfico acumulado, podrá sin lugar a dudas ascender a 1,5 el tráfico promedio. Por consiguiente, deben preverse carreteras que puedan sostener el tráfico de 22 camiones por hora. Pero debe tomarse en cuenta asimismo que en las horas de tráfico acumulado habrá una tendencia a que los camiones sean más numerosos en un sentido que en otro.

Tendremos pues, en las horas de tráfico acumulado, con una velocidad de 15 Km/h y 1 camión cada 2 minutos, una distancia promedio de 500 m entre camión y camión.

En resumen, la situación se presenta como sigue, para dos sistemas diferentes de explotación

Carreteras secundarias de 2a. categoría:

	<u>1er. sistema</u>	<u>2o. sistema</u>
Cantidad de rutas terminadas por año	2	4
Duración promedio aproximada del servicio	2 años	4 años
m3 diarios por carretera	1 100	550
Acumulación del tráfico, camiones por hora	30	15
Distancia entre cada 2 camiones para V = 15 Km/h	500 m	1 000 m

La construcción simultánea por varias brigadas de varios caminos tiene la ventaja de disminuir la intensidad de tráfico por cada uno de ellos aunque implica la dispersión de las máquinas utilizadas para las obras y supone una mayor duración de los servicios de mantenimiento del camino.

Si las brigadas construyen menos carreteras, disminuye en la misma proporción el tiempo de servicio de los caminos, aumenta el tránsito en proporción inversa y al irse reduciendo el número de caminos iría

/aumentando

aumentando el tráfico por los que quedaran y así podemos imaginar que pudieran reducirse a uno pero mucho más largo y más costoso, y que habría de abandonarse al poco tiempo de ser utilizado.

Un estudio detallado para equilibrar los gastos de construcción y conservación en función de la duración de la carretera y de la intensidad del tránsito, permitirá buscar la mejor solución tomando en cuenta igualmente las posibilidades prácticas de la explotación forestal.

Las cifras anteriores parecen favorecer el sistema de 4 brigadas de construcción, más que el de 2, pero cada zona de explotación debe estudiarse detalladamente antes de tomar una decisión.

d) Intensidad del tráfico por los caminos forestales

Con una longitud promedio de 4 Km y una superficie abarcada de 25 ha por Km y con una densidad de explotación entre 50 m<sup>3</sup>/ha y 100 m<sup>3</sup>/ha, un camino forestal da salida a un máximo de 10 000 m<sup>3</sup>.

Como se trata de un mínimo de 1 brigada de explotación que produce cerca de 100 m<sup>3</sup>/día, la duración del servicio de un camino forestal será de aproximadamente 100 días.

El tráfico es constante en promedio, porque está determinado por la producción de la brigada de explotación.

Para 100 m<sup>3</sup> por día corresponden de 6 a 7 camiones diarios, que deberán ser despachados con gran regularidad. Esto hace aproximadamente 1 camión por hora en viaje de ida y 1 camión por hora en viaje de regreso, o sea en conjunto, 1 camión cada 30 minutos. Con una velocidad de 6 Km/h, la distancia entre cada 2 camiones es de 3 Km. Se necesitará siempre 1 apartadero por cada camino, o una reglamentación del tráfico. Habrá muy poco riesgo de acumulaciones de tráfico al principio de la explotación.

/e) Resumen

e) Resumen del tráfico por las carreteras. El tráfico por las carreteras se resume como sigue:

Tráfico por las carreteras principales  
(sin incluir el tráfico público)

	N° de ca miones por día	N° de ca miones por hora en ho ras de acu mulación b/	Duración de servi cio Años	Velocidad Km/h	Distanciamien to mínimo de los camiones. a/ Km
Carretera A					
Km 0-Km 6	2 x 88	66	Perma- nente	25	0.37
Km 6-Km 51	2 x 49	25	"	20	1
Km 51-Km 156	2 x 32	12	"	20	1.66
Carretera B					
Km 0-Km 6	2 x 35	25	"	25	0.41
Km 6-Km 38	2 x 62	10 a 15	"	20	0.36
Km 38-Km 80	2 x 12	2 a 3	"	20	0.50 a 2
Carretera C					
Km 0-Km 50	2 x 40	20	"	20	0.66

Tráfico de las carreteras secundarias y caminos forestales

Carreteras se- cundarias la. categoría	2 x 30	25	5 a 15	15 a 20	0,5 a 0,8
Carreteras secundarias 2a. categoría					
Duración 2 años	2 x 30	22	2	15	0,5
Duración 4 años	2 x 15	11	4	15	1
Caminos forestales	2 x 7	2 a 3	0,5	6	3

a/ En el momento de las acumulaciones de tráfico.

b/ La estimación es muy incierta en lo que se refiere a las carreteras secundarias y caminos forestales.

2. Características técnicas

a) Las características técnicas deben determinarse a base de las indicaciones anteriores y según la topografía del terreno; pero hay que tener igualmente en cuenta el costo de la construcción y el mantenimiento.

Debe determinarse lo que de hecho resulte más conveniente porque aunque mejorándose la calidad de las carreteras se disminuyen los gastos del transporte, el aumento de los costos de construcción y mantenimiento de la carretera habrá que cargarlos a dichos costos.

Hemos visto que dentro de un margen bastante amplio, la velocidad económica puede variar considerablemente, sin grandes cambios de los gastos de transporte por m<sup>3</sup>. (Apéndice V).

La curva representativa del conjunto de gastos de transporte, en función de la velocidad, se desplazará cuando el coeficiente que define los gastos por kilómetro transportado varíe.

Estos son los gastos (diesel oil, aceite, llantas y mantenimiento) sobre los que influyen en mayor grado la naturaleza y el estado de las carreteras.

Recapitulando la composición de los gastos que hemos indicado para un camión de 15 ton, tenemos:

	<u>Dls.</u>	Por ton/Km para 214 125 t/Km por camión <u>Dls.</u>
Gastos anuales para 2 000 horas de trabajo	6 315	0.0296
Gastos por Km para 28 550 Km	3 997	0.0187
Gastos generales (admon. etc.)	781	<u>0.0037</u> 0.052

/Aproximadamente

Aproximadamente 3/5 de los gastos son por consiguientes independientes de la carretera, por cuanto las características y el estado de conservación de esta no influyen demasiado sobre la velocidad promedio; y 2/5 (cerca de 0.02 Dls.) ~~que pueden~~ depender en alto grado de las características y del estado de la carretera.

b) Ensayo del cálculo de los gastos óptimos o más favorables a efectuar en las carreteras.

Supongamos para simplificar, que se construye toda la red de vías paulatinamente a medida que progresa la explotación, o más precisamente, en el transcurso de 20 años.

Se construirán por año aproximadamente:

160/20 = 8 Km de carreteras principales

100/20 = 5 Km de carreteras secundarias de la. categoría

28 Km de carreteras secundarias de 2a. categoría

250 Km de caminos forestales

Sean  $C_1$   $C_2$   $C_3$   $C_4$  el costo por Km (construcción y mantenimiento acumulados) respectivamente, de caminos forestales, carreteras secundarias de 2a. categoría, carreteras secundarias de la. categoría y de carreteras principales. La cantidad total de maderas a suministrar por año es:

$$Q = 460\ 000\ m^3$$

Se gastará para las carreteras y por cada  $m^3$  de madera:

$$\frac{8\ C_4}{Q} + \frac{5\ C_3}{Q} + \frac{28\ C_2}{Q} + \frac{250\ C_1}{Q} = e_r$$

/Supongamos

Supongamos además que la parte variable de gastos de transporte por m<sup>3</sup>/Km (o por ton/Km) sea inversamente proporcional a los gastos de construcción y mantenimiento acumulados. Estos gastos de transporte para un recorrido promedio (comprendiendo 28 Km de carretera principal, 4 Km sobre carretera secundaria de la. categoría, 6 Km sobre carretera secundaria de 2a. categoría y 2 Km sobre camino forestal), serían los siguientes: <sup>17/</sup>

$$\frac{\alpha_4 \times 28}{C_4} + \frac{\alpha_3 \times 4}{C_3} + \frac{\alpha_2 \times 6}{C_2} + \frac{\alpha_1 \times 2}{C_1} = \theta_t$$

El mínimo de  $\theta_r + \theta_t$  se obtiene evidentemente cuando:

$$\frac{8 C_4}{Q} = \frac{28 \alpha_4}{C_4}; \frac{5 C_3}{Q} = \frac{4 \alpha_3}{C_3}; \frac{28 C_2}{Q} = \frac{6 \alpha_2}{C_2}; \frac{250 C_1}{Q} = \frac{2 \alpha_1}{C_1}$$

y por consiguiente, cuando,

$$C_4 = \sqrt{\frac{Q \cdot 28 \alpha_4}{8}}; C_2 = \sqrt{\frac{Q \cdot 6 \alpha_2}{28}}; C_3 = \sqrt{\frac{Q \cdot 4 \alpha_3}{5}}; C_1 = \sqrt{\frac{Q \cdot 2 \alpha_1}{250}}$$

La dificultad consiste en determinar el valor que ha de atribuirse a los coeficientes  $\alpha$ , que relacionan la parte variable de los gastos de transporte, con las inversiones en las carreteras, y así para cada tipo subsiguiente de carreteras.

Se puede suponer siempre, que cuanto mayor sea la duración a que se destinan las carreteras y más elevado sea el tráfico por hora, tanto más grande será este coeficiente  $\alpha$ .

<sup>17/</sup> Queda bien entendido que ésta es solamente la parte variable (en función de las características y el estado de la carretera) de los gastos de acarreo que figuran en la fórmula anterior.

Según las indicaciones que dieron los servicios de carreteras, para una carretera principal, el costo total de transportes podrá ser de aproximadamente 0,03 Dls. porton/Km, para 35 000 Dls. de inversión por Km, en la región considerada; los  $\frac{2}{5}$  son:  $\frac{0,03 \times 2}{5} = 0,012$ .

Esto resulta, en:  $\times 4 = 0,012 \times 35\ 000 = 420$

De esto se deduce para  $Q = 530\ 000\ m^3/año$ :  $C_{4, op} = \sqrt{\frac{460\ 000 \times 28 \times 420}{8}}$   
 $= 26\ 000\ Dls./Km.$

Por analogía y tomándose en cuenta la duración del servicio de las otras carreteras, podrá tomarse como aproximación en bruto:

$$\alpha_1 = 90 \alpha_2 = 140 \alpha_3 = 200$$

De ahí:

$$C_1 = \sqrt{\frac{460\ 000 \times 2 \times 90}{250}} = 576\ Dls./Km$$

$$C_2 = \sqrt{\frac{460\ 000 \times 6 \times 140}{28}} = 3\ 715\ Dls./Km$$

$$C_3 = \sqrt{\frac{460\ 000 \times 4 \times 200}{5}} = 8\ 580\ Dls./Km$$

En resumen, las inversiones más favorables por Km, son de alrededor de:

Para carreteras principales	26 000 Dls./Km
Para carreteras secundarias de la. categoría	8 600 Dls./Km
Para carreteras secundarias de 2a. categoría	3 700 Dls./Km
Para caminos forestales	600 a 700 Dls./Km

Estos valores estimados son de un orden de magnitud razonable, pero será necesario un análisis más intensivo.



Por lo que concierne particularmente a las carreteras principales, hay que considerar que como las secciones diferentes examinadas antes, no tienen el mismo tráfico ni se hallan todas en zonas del mismo carácter topográfico, habrán de tener unas más tráfico que otras.

Los primeros 6 Km de las carreteras A y B, deberán presentar, naturalmente características superiores al resto de las vías y, por consiguiente, requieren una inversión mucho más elevada, aparte de que la región es sumamente montañosa.

A continuación, la parte de carretera principal (no utilizada para la explotación forestal), que va de Cunca a Puerto Castilla, podrá construirse con un gasto mucho menor por razón de la topografía favorable del terreno, aún presentando características similares a la anterior; y con más razón puesto que probablemente el antiguo trazado del ferrocarril ayudará a disminuir los costos de construcción.

Finalmente, habrá que tomar en cuenta la distribución de los gastos para las carreteras principales que sirvan simultáneamente a la explotación forestal de la fábrica.

e) Tomándose en cuenta lo que precede, puede intentarse confeccionar un cuadro que resuma las principales características técnicas a proyectar para las diferentes clases de carreteras, bajo reserva de hacerle una revisión más adelante, con la colaboración de los servicios técnicos del Gobierno de Honduras.

/Características

Características propuestas en primera aproximación para las carreteras y los caminos

	Unidad	Carreteras principales			Carreteras secundarias		Caminos
		*	**	***	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	
a) Ancho de la vía con cunetas y costaneras	m	12	7-8	7-8	5	4	3,5
b) Ancho de la parte reforzada	m	8	3,5	6	4,5	3,5	3,5
c) Cunetas y costaneras	m	4	4,5	2	1	0.5	ninguno
d) Balastre	cm	15	10	15	10-0	5.0	ninguno
e) Relleno interior	cm	30	ning.	ning.	ning.	ning.	ninguno
f) Pavimento asfálto		sí	ning.	ning.	ning.	ning.	ninguno
f) Pendiente máxima	%	7	8	8	10	10	12
h) Radio mínimo de curvas	m	50	30	30	25	20	15 a 20
i) Carga máxima por eje	t	11	11	11	11	11	11
j) Velocidad promedio camión semi-remolque	Km/h	25	20	16	14	14	6
k) Desagüe		bueno	bueno	bueno	regular	regular	ninguno

\* Secciones de 6 Km vecinas a la fábrica, total 12 Km precio aproximado 50 000 Dls. Km.

\*\* Secciones de la parte exterior de la explotación forestal hacia Puerto Castilla, total 105 Km; precio aproximado 18 000 Dls. Km.

\*\*\* Secciones para la explotación forestal y la fábrica, total 45 + 32 + 42 + 40 = 169 Km; precio aproximado 25 000 Dls. Km. (Los últimos 42 Kms pueden ser hechos, por lo menos provisionalmente, con 3,50 m de ancho en la parte reforzada para el tráfico.)

S<sub>1</sub> Carretera secundaria de 1a. categoría; precio aproximado 8 000 a 9 000 Dls. Km.

S<sub>2</sub> Carretera secundaria de 2a. categoría; precio aproximado 4 000 Dls. Km.

Caminos forestales de explotación

600 a 700 Dls. Km.

VI. INVERSIONES Y GASTOS ANUALES PARA LAS CARRETERAS

1. Carreteras principales

Considerando como provisionalmente vigentes las estimaciones precedentes, se obtiene el cuadro siguiente que da las inversiones a prever para las carreteras principales:

	Distan- cia (Km)	Precio por Km (Dls.)	Total (Dls.)	Parte de la explotación forestal (Dls.)	Parte de la fábrica (Dls.)
<u>Carretera A</u>					
Km 0 - Km 6	6	50 000	300 000	200 000	100 000
Km 6 - Km 51	45	25 000	1 125 000	281 250	843 750
Km 51 - Km 156	105	18 000	1 890 000	0	1 890 000
<u>Carretera B</u>					
Km 0 - Km 6	6	50 000	300 000	252 000	48 000
Km 6 - Km 38	32	25 000	800 000	640 000	160 000
Km 38 - Km 80	42	25 000	1 050 000	525 000	525 000
			5 465 000	1 898 250	3 566 750
<u>Carretera C</u>					
	50	25 000	1 250 000	1 250 000	0
			6 715 000 <sup>a/</sup>	3 148 250	3 566 750

La repartición entre la explotación forestal y la fábrica resulta de una estimación hecha tomando en cuenta el porcentaje del tráfico en toneladas referido al calculado a base de la cantidad de camiones.

El problema de saber si las características tan costosas previstas en este cuadro deberán mantenerse para la totalidad de la carretera C y para los últimos 42 Km de la carretera B, debe ser discutido.

<sup>a/</sup> Con base en cálculos posteriores esta estimación ha sido determinada en 6 300 000 dólares aproximadamente: 3 300 000 para explotación forestal y 3 000 000 para parte de la fábrica.

Como ya se puso de relieve, deberá también tomarse en cuenta que las inversiones para la construcción de los caminos principales no son, propiamente, objeto de financiamiento directo y específico del proyecto para la fábrica, por tratarse de vías de comunicaciones de interés general. En lo que se refiere a los gastos de amortización, la parte relativa a dichos caminos principales no tendría que ser incluida en los gastos de operación considerados.

Igualmente, debe estudiarse la posibilidad y conveniencia de no construir la carretera C en su totalidad al principio de la explotación sino en medida gradual conforme lo exija la operación del proyecto. En consecuencia, la amortización y el mantenimiento de este camino podrían considerarse por separado.

Tomando en cuenta las consideraciones que preceden, los cálculos que a continuación se exponen representan una evaluación general del costo total de construcción y mantenimiento de los caminos forestales y carreteras secundarias y de mantenimiento de los caminos principales a preverse en la región de Olancho y anexas.

Si se recarga la explotación forestal con el mantenimiento de la parte de los caminos principales que le pertenecen con una tasa de 2.8% por año de la inmovilización inicial, los gastos de mantenimiento serán:

$$3\ 300\ 000 \times 2.8 = 92\ 400.50 \text{ Dls./año}$$

a los cuales debe agregarse aproximadamente el 3% del valor de las carreteras para la amortización, o sea:

111 / 3 300 000

$$3\ 300\ 000 \times 0.03 = 99\ 000 \text{ Dls./año o sea } 0.22 \text{ Dls./m}^3$$

lo que hace un total de 191 400 Dls./año

Este es un gasto similar a aquel que se supuso implícitamente para el cálculo óptimo de la inversión por Km (8 Km/año a 26 000 Dls. = 208 000)

Pero como se puede ver, este método no es más que una aproximación burda, pues deberán tomarse en cuenta separadamente los gastos de financiamiento y los de mantenimiento.

Además, hay que anotar que si sólo se toma en cuenta la amortización técnica queda excluida la remuneración del capital invertido, y, para no cambiar la rentabilidad total de la operación, hay que suponer que el capital invertido en las rutas forestales, tiene la misma rentabilidad que la conjunta. El problema de obtener el máximo rendimiento de la inversión hecha para las carreteras principales es, pues, sumamente complicado. Las indicaciones de las cifras antes señaladas, parecen aconsejar la adopción de características más simples que la construcción de caminos, aceptando una ligera elevación de los costos de transporte, aunque la topografía del terreno impone cierto límite mínimo para los gastos de construcción y es poco probable que una reducción de las inversiones para carreteras, resulte económica.

Suponemos, pues, que la explotación forestal debe recargarse únicamente con el mantenimiento de los caminos principales.

---

18/ Un método riguroso de calcular los gastos óptimos, debe tomar en cuenta simultáneamente todos los factores variables, incluyendo tanto los de la fábrica como los de la red de carreteras forestales en total. Pueden formularse las ecuaciones del problema y aún resolverlas, por lo menos mediante aproximaciones sucesivas, pero muchos coeficientes son demasiado inciertos; el valor de los resultados obtenidos no correspondería a los esfuerzos empleados.

Los gastos anuales para los caminos se establecen como sigue:

1) Caminos forestales			
380 x 700	=	266 000	Dls.
2) Carreteras secundarias			
5 Km de 1a. categoría (construcción y mantenimiento) a 8 600 Dls	=	43 000	Dls.
25 Km de 2a. categoría (construcción y mantenimiento) a 3 700 Dls	=	103 600	Dls.
3) Carreteras principales (mantenimiento)		<u>92 400</u>	Dls.
	Total	505 000	
	en cifras redondas <sup>19/</sup>	500 000 / año	

o sea por 460 000 m<sup>3</sup>/año de madera:

$$\frac{500\ 000}{460\ 000} = 1\ 087/m^3$$

Las cifras indicadas para los gastos de construcción y mantenimiento sólo pueden considerarse, naturalmente, como aproximaciones dada la carencia de un mapa topográfico exacto.

Por lo que concierne a la conveniencia de adoptar una u otra de las diferentes inversiones, es de esperar que, por lo menos en lo que se refiere a la carretera puramente forestal, la experiencia permita fijar definitivamente el sistema a adoptar, a medida que se desarrolle la explotación.

#### VII. CARGOS TOTALES QUE AFECTAN EL TRANSPORTE DE LA MADERA

Se llega así a los gastos totales siguientes por m<sup>3</sup> para el recorrido promedio:

Gastos de transporte	2.12
Gastos por las carreteras	<u>1.09</u>
Total sin amortización de las carreteras principales	3.21 Dls/m <sup>3</sup>
Amortización técnica de las carreteras principales en 20 años	<u>0.22</u>
Total con amortización	3.43 Dls/m <sup>3</sup>

<sup>19/</sup> En el presupuesto de la explotación forestal, los más detallados cálculos indican las cifras de 368 000 ( / 147 000 de amortización del equipo) = 515 000 Dls.

## APENDICES

- I. Diversos tipos de camiones considerados
- II. Repartición de las cargas (toneladas métricas) en el caso de un semiremolque con una carga de 15 toneladas, de trozas de 10 metros (FIAT 682 T<sub>2</sub>)
- III. Variación aproximada del precio de camiones con semiremolque
- IV. Tentativa de cálculo de los gastos de combustible, aceite de engrasado, llantas y gastos de mantenimiento para las diferentes velocidades básicas V
- V. Tentativa de cálculo de la variación del precio de transporte de madera (gastos de acarreo) en función con la velocidad de los camiones, dentro de las carreteras forestales de Olancho
- VI. Distribución del tráfico en las carreteras principales
- VII. Definición y estudio de los coeficientes topográficos para la red de carreteras

Apéndice I

Diversos tipos de camiones considerados

Camión articulado FIAT 682 T2

Motor Diesel de 8 cilindros	Fuerza nominal (enfriamiento por agua)	150 cv a 1 900 t/m
	Peso del tractor solo	5,9 ton
	Peso del remolque cargado máx.	22,1 ton
	Peso total máx.	28
	Pendientes máx. con 28 ton	16,8 %
	Velocidad	57 Km/h
	Número de velocidades	8
	Gasto de aceite Diesel por c/100 Km	30,4 litros
	Radio de viraje mínimo	6,45 m
	Distancia entre los ejes del tractor	3,30 m
	Ancho	2,50 m
	Frenos de aire comprimido	

- Notas: a) El remolque puede hacer un ángulo de 90° con el tractor.  
 b) Con un semi-remolque que pese 2 ton vacío, una carga neta de 15 ton o sea un total de 22,9 ton (28 ton - 17% = 23,4 ton).

Camión articulado Magirus Deutz, tipo Júpiter

Motor Diesel de 8 cilindros	Fuerza nominal (enfriamiento por aire)	180 cv a 2 300 t/m
	Peso tractor solo (cerca de )	5 ton
	Peso total admisible con el semi-remolque cargado	30 ton
	Peso admisible sobre los ejes del tractor	AV 4,6 t A R 9,4 t
	Peso remolque cargado (aprox.)	25 ton
	Pendientes máx. con carga completa	19,6 %
	Velocidad máxima	71,1 Km/h
	Gasto aceite Diesel por 100 Km	30,8 litros
	Gasto aceite por 100 Km	0,45 litros
	Radio de viraje mínimo	15 m
	Distancia entre los ejes del tractor	3,6 m
	Ancho	2,5 m
	Frenos de aire comprimido	

- Nota: Valor en Tegucigalpa (precio comercial) con semi-remolque forestal a 2 ton de cap. vacío - 12 000 Dls. Precio de un juego de 10 neumáticos y llantas (tractor 6 remolque 4) cerca de 1 600 Dls.  
 Puede admitirse una carga neta total de 30 ton - 17% = 24,9 t/m o sea: 17 ton netas de carga, tomando en cuenta un peso de 2 ton por el semi-remolque vacío.

/Camión articulado



Camión articulado Masireus Deutz, tipo Mercurio

Motor Diesel	Fuerza nominal	
4 cilindros	(enfriamiento por aire)	90 cv a 2 300 t/m
	Peso del tractor solo	3.2 ton
	Peso total admisible con el semi-remolque cargado	16.7 ton
	Peso del semi-remolque cargado	19.5 ton
	Peso máximo sobre los ejes	AV 3 t AR 6,4 t
	Pendiente máxima con semi- remolque cargado	15 %
	Velocidad máxima	74.8 Km/h
	Consumo normal de aceite	
	Diesel por c/100/Km	23 litros
	Consumo normal aceite/100 Km	0.38 litros
	Radio de viraje mínimo	14 m
	Distancia entre ejes del tractor	3.2 m
	Ancho	2,25 m
	Frenos hidráulicos y auxiliares de aire comprimido	

Precio en Tegucigalpa con semi-remolque forestal (precio comercial)  
9 000 dólares.

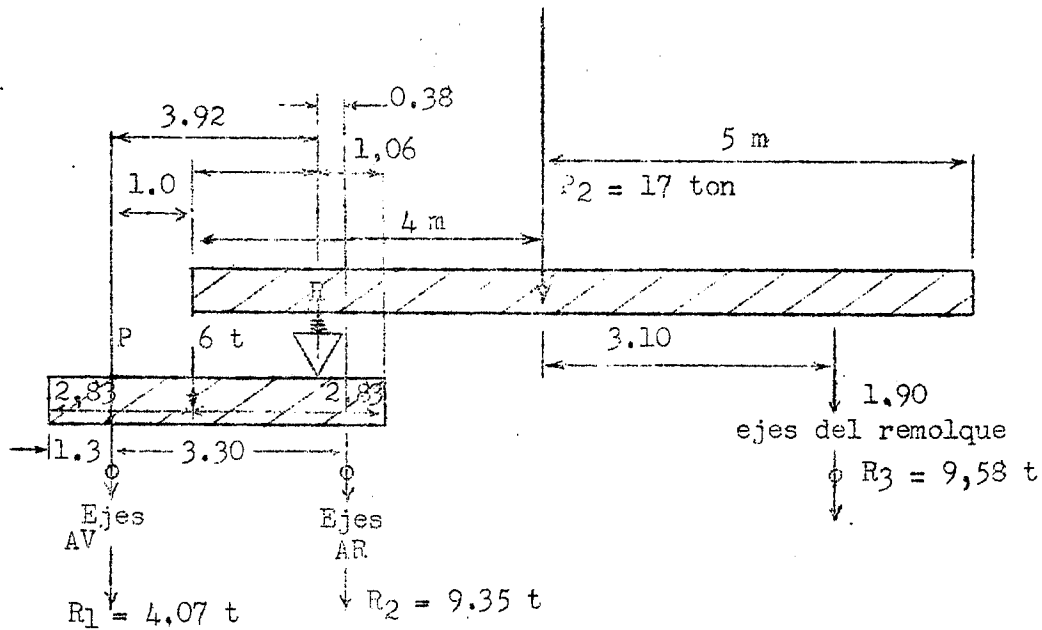
Nota: Se puede admitir una carga total de 16.7 ton - 17% sea 13.9 ton lo que da (tomando en cuenta un peso de 1.5 ton para el semi-remolque vacío) una carga neta teórica de 9.2 ton o sea prácticamente 8.5 ton.

Se disminuyen las cargas indicadas por el constructor del 17% por tomar en cuenta la pérdida de fuerza de 17% debida a la altura y la temperatura (pérdida de fuerza de los motores diesel 1%, por 100 m y 1% por 2° centígrados menos de 20°).

Apéndice II

Repartición de las cargas en el caso de un semi-remolque con una carga de 15 ton, de trozas de 10 m (FIAT 682 T2)

(Toneladas métricas)



$$R_3 \times 7,10 = 17 \times 4$$

$$R + R_3 = 17$$

$$R_3 = \frac{68}{7,1} = 9,58$$

$$R = 17 - 9,58 = 7,42$$

Reacción sobre el pivote

$$R_1 + R_2 = 6 + 7,42 = 13,42$$

$$R_2 \times 3,3 = 6 \times 1,53 + 7,42 \times 2,92$$

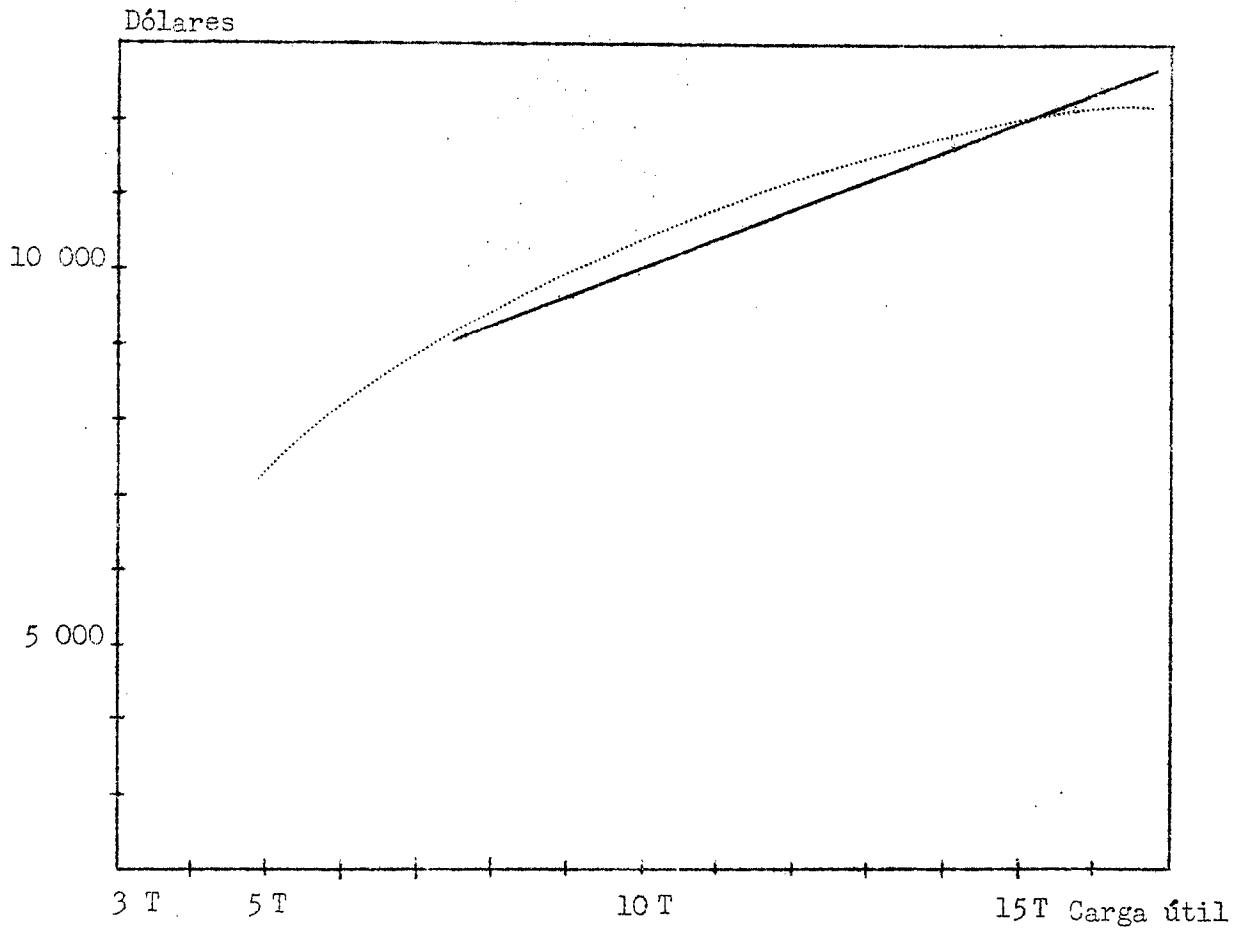
$$R_2 = \frac{30,846}{3,3} = 9,35$$

$$R_1 = 13,42 - 9,35 = 4,07$$

Apéndice III

Variación aproximada del precio de camiones  
con semiremolque

Precio comercial en Tegucigalpa



Apéndice IV

Tentativa de cálculo de los gastos de combustible, aceite de engrasado, llantas y gastos de mantenimiento para las diferentes cargas útiles y diferentes velocidades básicas V a/

(Gastos por Km en dólares)

---

Carga utilizada práctica 15 toneladas

	V = 15 Km/h	V = 30 Km/h
	Dls/Km	Dls/Km
Aceite Diesel <sup>b/</sup>	0,018	0,030
Aceite	0,0018	0,003
Llantas	0,050	0,065
Mantenimiento	<u>0,055</u>	<u>0,070</u>
Total en cifras redondas	0,125	0,17

Carga utilizada práctica 7,5 toneladas

	Dls/Km	Dls/Km
Aceite Diesel <sup>b/</sup>	0,010	0,020
Aceite	0,001	0,002
Llantas	0,030	0,045
Mantenimiento	<u>0,041</u>	<u>0,060</u>
Total en cifras redondas	0,082	0,127

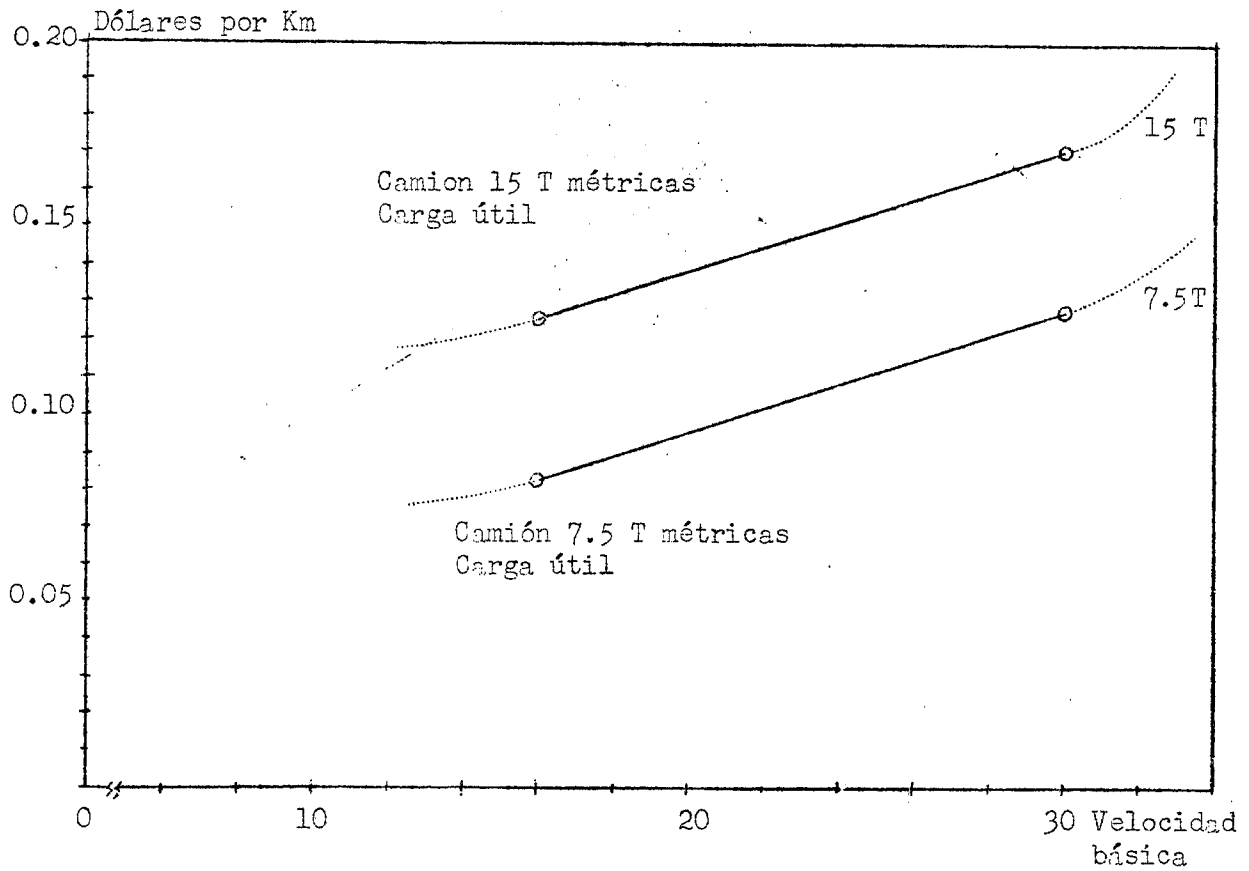
---

a/ La velocidad básica es la velocidad promedio práctica sobre las carreteras principales de la explotación forestal.

b/ Aceite Diesel a 0,285 dólares por galón.

Apéndice IV (Cont.)

Gastos por kilómetro para diesel oil, aceite  
lubricante, llantas, mantenimiento, para un camión



Apéndice V

Tentativa de cálculo de la variación del precio de transporte de madera (gastos de acarreo) en función con la velocidad de los camiones, dentro de las carreteras forestales de Olancho

Camiones de 15 ton de carga utilizada práctica, promedia  
 Distancia del transporte 40 Km (28 sobre las carreteras principales, 10 sobre las carreteras secundarias, 2 sobre los caminos forestales).

Velocidad de base V <sup>1</sup> Km/h	Velocidad promedia V Km/h	Gastos por m <sup>3</sup> Dls.€/m <sup>3</sup>
6	5	4.21
12	10	2.61
18	15	2.14
24	20	1.97
30	25	1.89
36	30	1.878
42	35	1.88
48	40	1.93

Velocidad básica = velocidad sobre carreteras principales.

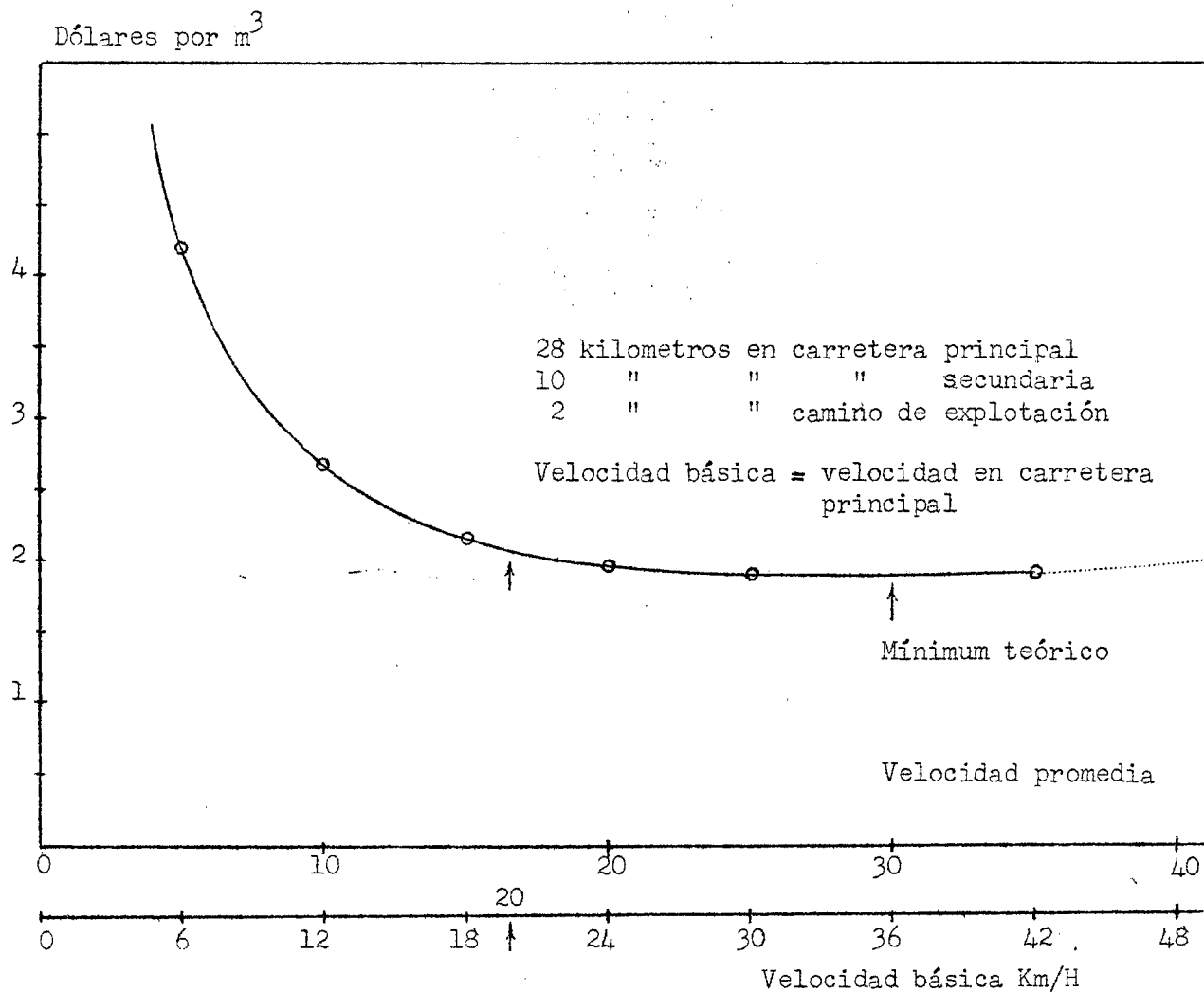
Mínimo teórico de precio: por V = 29.6.

Las cifras anteriores deberán ser revisadas cuando se conozca más exactamente la influencia del aumento de la velocidad sobre los gastos (combustible, aceite, mantenimiento, llantas) por Km.

Se ha admitido aquí  $\alpha = 0.0036$  Dls. % por Km, por Km/h de velocidad promedia, y velocidad promedia = 0.833 de velocidad básica.

Apéndice V (continuación)  
Gastos del transporte de madera  
(Flete de camiones solamente)

En función de la velocidad promedio y de la velocidad básica para una distancia promedio de 40 kilómetros



Apéndice VI

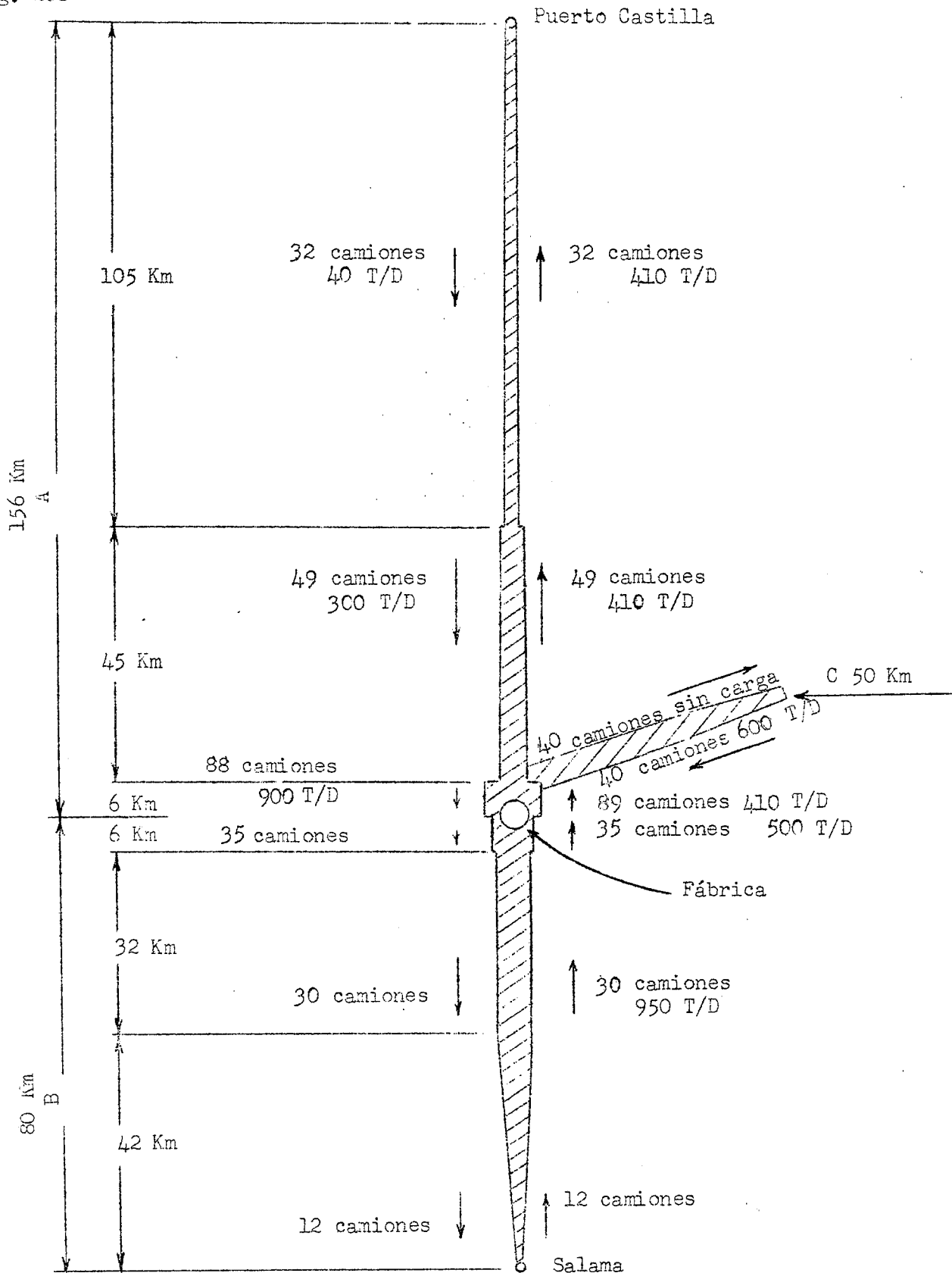
Distribución del tráfico en las carreteras principales

	No. de camiones 15 ton/día		Tonelaje total por día		% del No. de cam/día		% del tonelaje			
	Fábrica	Bosque	Fábrica	Bosque	Fábrica	Bosque	Fábrica	Bosque		
<u>Carretera A</u>										
Km 0 - Km 6	6	6	2 x 24	2 x 64	630	950	27	73	34	66
Km 6 - Km 51	45	45	2 x 24	2 x 10	630	150	42	58	77	23
Km 51 - Km 105 (Puerto)	105	105	2 x 24	2 x 24	630	0	100	0	100	0
<u>Carretera B</u>										
Km 0 - Km 6	6	6	2 x 12	2 x 65	180	1 150	18	82	15	85
Km 6 - Km 38	33	33	2 x 12	2 x 60	180	900	20	80	20	80
Km 38 - Km 80	42	42	2 x 12	2 x (60 a 0)	180	900 a 0	50	50	60	40
<u>Carretera C</u>										
Km 0 - Km 50	50	50	0	2 x 54	0	800	0	100	0	100

División de los costos de las carreteras principales en función con el tráfico

	Fábrica	Explotación forestal
	%	%
<u>Carretera A</u>		
Km 0 - Km 6	33	66
Km 6 - Km 51	75	25
Km 51 - Km 105	100	0
<u>Carretera B</u>		
Km 0 - Km 6	16	84
Km 6 - Km 38	20	80
Km 38 - Km 80	50	50
<u>Carretera C</u>		
	0	100



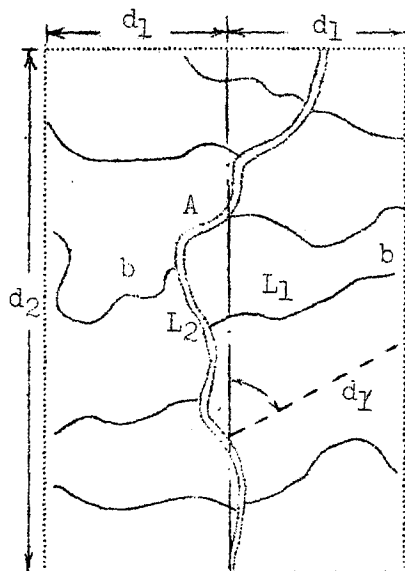


Apéndice VIII

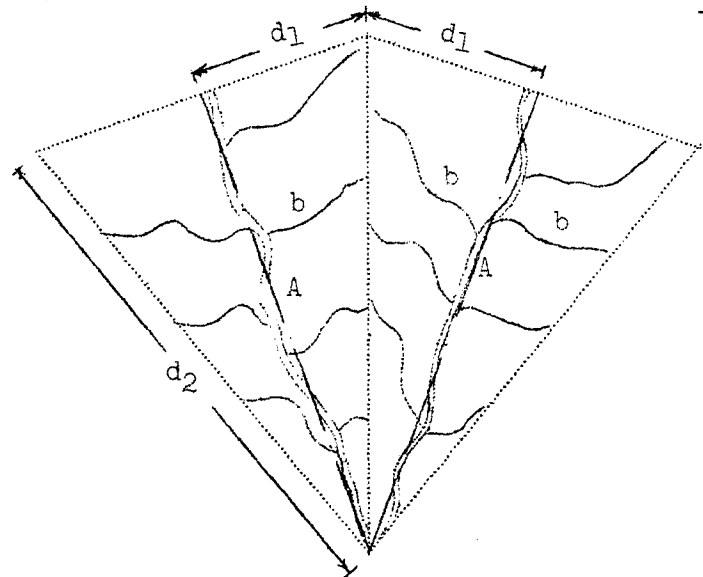
Definición y estudio de los coeficientes topográficos para la red de carreteras

Definición de los coeficientes topográficos

Si se considera un sistema formado por una carretera A y sus tributarias b, puede definirse un coeficiente sin dimensión que caracteriza la relación existente entre la superficie servida por Km de la carretera A y la longitud promedio de una carretera afluyente o tributaria a la carretera colectiva A.



$K \geq 0.5$



$K \geq 0.5$

Siendo la superficie supuesta, rectangular, con uno de sus lados paralelos a la dirección general de la carretera A, tiene por valor  $S = d_1 d_2$ .

Naturalmente  $L_2$  es la longitud real de la carretera A, siempre superior a  $d_2$  y esto tanto más, cuanto más accidentado sea el terreno, y cuanto mejores sean las características técnicas (pendientes y radios) adoptadas para  $L_2$ , mayor será la diferencia entre  $L_2$  y  $d_2$  en general.

/Bien

Bien entendido, mediante trabajos considerables podría obtenerse teóricamente  $L_2 = d_2$  pero el gasto sería prohibitivo en su generalidad. Considerándose una clase determinada de carreteras y una topografía predeterminada, puede ponerse  $d_2 = \mu_2 L_2$  siendo  $\mu_2 \leq 1$

Asimismo, en lo concerniente a las carreteras tributarias, su longitud  $L_1$  es superior a  $d_1$ , por una parte a causa de que no son rectilíneas y por otra, a causa de que el terreno obliga generalmente a darles una dirección que en muy raras ocasiones es absolutamente perpendicular a A.

Si  $L_1$  es la longitud promedio de una carretera b, se tendrá igualmente a  $d_1 = \mu_1' L_1$  do  $d_1'$  es la longitud rectilínea promedio de una carretera b con  $\mu_1' \leq 1$ . Por fin, se obtiene  $d_1 = \mu_1 d_1'$  con  $\mu_1 = \sin \alpha$

Considerándose el caso de superficie rectangular: <sup>1/</sup>

$$S = 2d_1 d_2 = 2 \mu_1 \mu_1' \mu_2 L_1 L_2$$

el producto  $\mu_1 \mu_1' \mu_2$  siendo siempre  $\leq 1$ , entonces  $2 \mu_1 \mu_1' \mu_2 \leq 2$ .

Considerándose el caso donde las carreteras del tipo A sean convergentes,

$$S = d_1 d_2 = \mu_1' \mu_1 \mu_2^2 L_1 L_2 \text{ con } \mu_1 \mu_1' \mu_2 \leq 2^{2/}$$

La superficie servida por la ruta A de longitud  $L_2$  es S.

Considerándose una o más carreteras A puede decirse recíprocamente que la "densidad"  $l_2$  de las carreteras A es  $l_2 = L_2/S$  (esta cantidad  $l_2$  tiene entonces las dimensiones y la inversa de una longitud.

Si ahora ponemos:  $S = \frac{1}{K_2} L_2 L_1$

Este coeficiente K que equivale a  $1/(2 \mu_1' \mu_1 \mu_2)$  es  $\geq 0.5$  y es tanto más elevado cuanto mas accidentado sea el terreno.

<sup>1/</sup> Caso en que las carreteras del tipo A tienen direcciones generales paralelas entre sí.

<sup>2/</sup> Cuando las carreteras son convergentes,  $L_1 = \frac{1}{2} L_1'$  porque  $L_1$  es una longitud promedio.

Llamamos a  $K_2$ , el coeficiente topográfico (relativo al sistema de las carreteras de la clase A con tributarias b).

Como tenemos  $l_2 = L_2/S$  es decir  $L_2 = S l_2$ , se obtiene:  $S = \frac{1}{K_2} S l_2 L_2$

En definitiva tenemos:  $l_2 L_1 = \frac{1}{K_2}$

Relación que conecta la "densidad" de las carreteras A a la "longitud promedio" de una carretera tributaria.

K es un coeficiente sin dimensión superior a 0.5

Caso de más de dos clases de carreteras

Naturalmente nada impide considerar que las carreteras del tipo b reciban igualmente carreteras tributarias de una longitud promedio  $L_0$ .

Para las carreteras b se definirá asimismo otro coeficiente  $K_1$  tal como  $l_1 L_0 = K_1$ , siendo  $l_1$  la densidad de las carreteras del tipo b.

Igualmente si las carreteras A son tributarias de alguna otra vía, se definirá para esta carretera un coeficiente  $K_3$  tal como  $l_3 L_2 = K_3$ , coeficiente que relaciona la densidad de las carreteras de la clase 3, con la longitud promedio de las carreteras A (clase 2).

Determinación de los coeficientes topográficos

El método que parece más exacto, consiste en hacer sobre el mapa cierta cantidad de trazos tan exactos como sea posible, del sistema de carreteras guiándose por la topografía del terreno, y escogiendo una longitud promedio arbitraria para los primeros elementos del sistema. Entonces puede confirmarse que dentro de una zona dada, el valor de K queda aproximadamente igual, a medida que la longitud arbitraria varía, lo cual define el o los coeficientes K.

Siempre se puede calcular igualmente, un valor aproximado de K determinándose

$$\mu_1^1 \mu_1 \mu_2$$

Para los caminos forestales  $\mu_1^1$  será cerca de 0.75 dentro de la región considerada.

/Si la dirección

Si la dirección promedio de estos es de  $45^\circ$  contra las carreteras secundarias, se tendrá  $\mu_1 = 1,41/2 = 0,70$ , puede tomarse 0,80

En fin para las carreteras secundarias  $\mu_2 = 0,70$

En consecuencia para un sistema de carreteras secundarias más o menos paralelas

$$2 \mu_1 \mu_1 \mu_2 = 2 \times 0,75 \times 0,80 \times 0,70 = 0,84$$

de ahí  $K_2 = 1,19$ . La medida directa da una cifra aproximada de 0.9 a 1.

## Anexo VII

### DESCRIPCION SUMARIA DE LA COMUNIDAD INDUSTRIAL Y JUSTIFICACION DE LAS CIFRAS DE INVERSION QUE RESPECTO A. ELLA FIGURAN EN EL INFORME PRINCIPAL

#### 1. Sitio de la comunidad industrial

Ya se dijo en el capitulo III del informe principal, que para emplazar la comunidad industrial ha sido elegido un lugar situado a la más elevada altitud posible y a una distancia razonable del conjunto industrial fábrica-aserradero.

Algunos emplazamientos similares existen en la región de Pueblo Viejo, en particular al oeste, al norte y al sur de la fábrica.

En el plano general del emplazamiento que figura en el aludido capítulo, se incluye el trazado de las curvas de nivel a intervalos de 10 m, que se considera suficiente para estudiar la localización de la comunidad industrial.

Al oeste de la fábrica hubiera podido utilizarse un terreno relativamente plano, aunque sólo a 600 m de altitud promedio y en un lugar donde los terrenos más elevados son muy abruptos. Se ha preferido el terreno del sur, cuya altitud oscila entre 700 y 850 m. Esta selección tiene un valor meramente indicativo y podrá revisarse con los estudios definitivos de urbanismo, que no son objeto del presente informe.

No hay que olvidar, sin embargo, el hecho bien conocido de que en Centroamérica la altitud influye considerablemente sobre la habitabilidad. Las zonas elevadas y bien ventiladas son mucho más frescas y sanas, y como todas las habitaciones del personal obrero no podrán tener aire acondicionado, sería muy útil construir la comunidad industrial en un lugar donde las condiciones climáticas naturales sean las mejores posible.

Por otra parte, las fábricas de celulosa con sulfato producen siempre a su alrededor olores desagradables y polvos que, sin ser realmente tóxicos, pueden molestar. Esa consideración aconseja alejar un poco la comunidad de la fábrica. La distancia en línea recta sería de unos 3 Km, y la carretera tendría una longitud del orden de 6 Km. Una línea de autobús podría fácilmente, recorriéndola tres veces al día por los cambios de turno, asegurar el transporte del personal entre la comunidad y la fábrica.

/2. Cálculo

## 2. Cálculo del personal efectivo a alojar y del número de habitantes a prever

Para el proyecto básico —fábrica de celulosa kraft no blanqueada de 82 500 t/año y aserradero integrado de 80 000 m<sup>3</sup>/año de madera aserrada— los cuadros de personal efectivo que figuran en el capítulo II del informe principal dan las indicaciones siguientes:

	<u>Fábrica</u>	<u>Aserradero</u>	<u>Explotación forestal</u>	<u>Total</u>
Empleados	70	19	52	141
Obreros	328	163	148	639

Las cifras relativas a la explotación forestal están tomadas del capítulo anteriormente mencionado, considerando que una gran parte del personal de la explotación forestal será alojada en el monte, cerca del lugar de su trabajo, generalmente demasiado lejos para prever la vuelta de los obreros a la comunidad. Únicamente los choferes y sus ayudantes, y la mayor parte de los empleados de la explotación forestal serán alojados en la comunidad industrial. Por lo que concierne a los choferes y sus ayudantes, el cálculo ha sido hecho para una explotación de 444 500 m<sup>3</sup>/año, lo que conduce a disminuir en 2 el personal efectivo previsto para 460 000 m<sup>3</sup>/año de explotación promedia. En este cálculo se tuvo en cuenta que 15 choferes y 15 ayudantes serían alojados en el monte, pues el alejamiento de los astilleros externos requiere esta solución. Puede que al principio de la explotación no haya que considerar esta solución, pero entonces el efectivo total de los choferes y sus ayudantes disminuiría, porque la distancia de transporte sería inferior al promedio general calculado para la explotación forestal.

No se puede evitar un margen de arbitrariedad en la distribución del personal de la explotación forestal que se alojará en el monte y el que se alojará en la comunidad. A la dirección general de la fábrica y a la dirección de la explotación forestal incumbe ajustar esta distribución al interés general de la empresa. Dos distribuciones diferentes conducen en el presente proyecto a una variación del conjunto del capital a invertir. Si el personal efectivo forestal a alojar en la comunidad industrial aumenta, el costo de la comunidad aumenta también, pero disminuye el de las construcciones en el monte, y como estas últimas son

/construcciones de

construcciones de emergencia, cuestan menos que las que se agregarían a la comunidad. Por consiguiente, hay un aumento de la inversión total. Por otra parte, las construcciones del monte tienen que amortizarse rápidamente ~~se~~ ha previsto el mismo ritmo de depreciación que para el material, o sea 4 años, por lo que si se suprimen las construcciones en el monte, disminuye el precio de costo total, pues la amortización se reparte en 20 años. La rentabilidad general, en cambio, puede disminuir ligeramente por el aumento del conjunto de los capitales a invertir.

Habrá que encontrar una distribución óptima, que asegure además las mejores facilidades para la explotación. Parece prematuro tratar en detalle este punto, que presenta un carácter más teórico que real, pues los planes definitivos de la explotación sólo los establecerá la empresa concesionaria cuando establezca un mapa detallado del monte y sin duda después de algunos años de pruebas.

Las cifras indicadas no constituyen más que un orden de magnitud verosímil y para el proyecto básico totalizarán 141 empleados y 639 obreros a alojar en la comunidad.

En el caso de producir celulosa blanqueada, la fábrica y el aserradero tendrían en conjunto, 94 empleados y 554 obreros, y para la explotación forestal 52 empleados y 152 obreros que se alojarían en la comunidad, es decir, un total de 146 empleados y 706 obreros. Habría, pues, un aumento de 5 empleados y 67 obreros.

En el caso de añadir una sección para fabricar papel kraft, el número de los empleados aumenta en 20 y el de los obreros en 118.

El cuadro 1 ofrece un resumen del personal efectivo que habitaría en la comunidad.



Cuadro 1  
EFECTIVO<sup>a/</sup> DE  
Obreros y empleados de la fábrica,  
el aserradero y la explotación forestal  
que habitarían en la comunidad

Proyecto básico	Efectivo	Suplementaria	Efectivo Máximo	
182 500 toneladas de celulosa kraft sin blanquear (A)	Para la Sección de blanqueo (B)	Para la fábrica de papel (C)	(A+B+C)	
Empleados	141	5	20	166
Obreros	639	67	118	824
<u>Total</u>	<u>780</u>	<u>72</u>	<u>138</u>	<u>990</u>

a/ Sin comprender al personal de las empresas encargadas de los transportes fábrica-puerto y de la construcción de caminos.

Para saber el número de habitantes a alojar en la comunidad, hay que tener en cuenta:

a) Aquellos cuyos alojamientos deben incluirse en las inversiones a efectuar por la sociedad son, en principio, los que constituyen el efectivo --empleados y obreros-- calculado anteriormente. Se puede admitir que como el 30 por ciento del efectivo serán solteros y el 70 por ciento casados que vivirán con sus familias. Para estos últimos se admite un promedio de 5 personas por familia. Claro que los alojamientos destinados al personal casado no serán todos idénticos en cada categoría. Se prevén, pues, alojamientos para familias de 2, 4, 6 u 8 personas en una proporción que habrá de determinarse después de una encuesta estadística en los pueblos vecinos. Admitiendo las cifras promedias anteriores, habrá que alojar, por unidad de efectivo,  $0.30+0.70 \times 5 = 0.3+3.5 = 3.8$  personas, o sea 4 personas en cifras redondas por unidad de efectivo.

b) Los trabajadores no incluidos en el efectivo fábrica-aserradero-explotación forestal.

/Se trata,

Se trata, en primer término, de una parte del personal de las empresas que construirán las carreteras principales y las secundarias de primero y segundo orden.

Este personal será variable y más importante al comenzar las obras, pero siempre quedará un efectivo permanente, pues la construcción de las carreteras secundarias seguiría durante toda la explotación.

Contando con un margen de seguridad, se calculan por este concepto unos 100 trabajadores, de los que de 15 a 20 serán empleados.

Hay que añadir, después, el efectivo de choferes y sus ayudantes y del personal de mantenimiento de los camiones que transportarán la madera aserrada y la celulosa de la fábrica al puerto.

Para 136 000 t/año a transportar, a razón de 17 toneladas de carga útil por camión, habrá que hacer 8 000 viajes de ida y vuelta por año, a repartir en unos 300 días, o sea 27 viajes por día. Como cada camión hará solamente 0.77 viajes por día, se necesitarán unos 35 camiones en servicio permanente, o sea 70 choferes y ayudantes de choferes. El efectivo total, incluyendo el personal de mantenimiento podrá ser del orden de 80.

c) La comunidad tendría que incluir, además, familias ajenas al conjunto del complejo industrial --familias de comerciantes, artesanos, agricultores, etc.-- a los cuales, con ciertas garantías, habría que proporcionar terrenos urbanos. El precio de la concesión comprenderá los gastos de vialidad y alcantarillado y los de la red de distribución de agua y de electricidad, así como una contribución para los edificios públicos. Así los alojamientos de las personas extrañas a la explotación no constituirían una carga para el complejo industrial.

El número de habitantes complementarios a prever puede estimarse provisionalmente en el 30 por ciento del total de los habitantes cuyos jefes de familia trabajan en el complejo industrial o en las empresas anexas.

El cuadro 2 resume la población a prever.

Cuadro 2

Número de habitantes a prever en la comunidad industrial

---

	<u>Proyecto básico</u>		<u>Con ampliación</u>
Fábrica, aserradero y explotación forestal			
780 x 4	3 120	990 x 4	3 960
Construcción de caminos			
100 x 4	400		400
Transporte de la fábrica al puerto			
80 x 4	320		320
	<hr/>		<hr/>
	3 840		4 680
Aumento por concepto de familias ajenas a la explotación (alrededor del 30 por ciento)	1 160		1 420
	<hr/>		<hr/>
Total	5 000		6 100

Como siempre conviene hacer provisiones muy amplias en materia de urbanismo, deberá contarse con la posibilidad de una ampliación fácil hasta 7 000 habitantes.

### 3. Cálculo de las inversiones

#### a) Bases admitidas para calcular las inversiones

El estudio de los planos de los alojamientos y los edificios comunes y el estudio urbanístico, deberán hacerlos los arquitectos una vez que se decida construir el complejo industrial.

Además de las casas de los 4 directores, sólo se han previsto cuatro tipos principales de viviendas: casas para los empleados casados, departamentos para los empleados solteros, casas para los obreros casados y departamentos para los obreros solteros.

En principio, habrá que subdividir las viviendas en varios tipos, teniendo en cuenta las diferencias en el número de habitantes por familia así como las diferencias de situación pecuniaria.

Como se prevé que, por lo general, las viviendas se alquilarán al personal a una tasa razonablemente moderada, también se deberá dejar la posibilidad de una cierta elección. Por último, desde el punto de vista estético interesa asimismo evitar la excesiva uniformidad de las construcciones, manteniendo solamente la posibilidad de estandarizar sus elementos.

Se supone, desde luego, que el aserradero del complejo industrial proporcionará toda la madera de construcción que se necesite al precio de costo, que es bajo si se le compara con el precio normal de la madera de construcción en Honduras.

También habrá que instalar hornos para la fabricación de ladrillos y tejas en el terreno mismo. Se empleará generosamente la madera.

Para las viviendas de los empleados se prevé un precio por metro cuadrado relativamente alto, que correspondería, habida cuenta del bajo precio de los materiales, más o menos al de las villas confortables que actualmente se construyen en las principales ciudades de Honduras.

En cambio, para los obreros, se prevé un precio por metro cuadrado relativamente bajo, que corresponde sin embargo a viviendas confortables, construidas a base de madera, cubiertas de tejas y con suelo cimentado. Este precio, a igualdad de superficie, es tres veces mayor que el de las viviendas que ahora se utilizan en los pueblos.

/En cuanto

En cuanto a los empleados y obreros solteros, se alojarán en pequeños departamentos agrupados en construcciones de varios pisos.

Entiéndase bien que ésta sólo es una previsión esquemática, y que en la práctica habrá que estudiar una serie de alojamientos clasificados mucho menos estrictamente, pues es un poco arbitraria la distinción del personal en obreros y empleados. En efecto, algunos obreros especializados tendrán ingresos superiores a los de ciertos empleados, y por consiguiente podrán destinar a su alojamiento una suma más elevada.

El cuadro 3 muestra las bases adoptadas para el cálculo de las inversiones que deben preverse.

b) Cálculo de las inversiones en función de la masa de personal

Con ayuda de las cifras del cuadro 3 es fácil establecer el importe total de las inversiones en la comunidad que deberán preverse, en función de la masa de empleados ( $N_1$ ) y de obreros ( $N_2$ ). Las previsiones para las inversiones en viviendas destinadas a la dirección, empleados y obreros pueden verse en los cuadros 4 y 5.

## Cuadro 3

Bases para evaluar las inversiones en la comunidad del personal

	Superficie de las viviendas (m <sup>2</sup> )	Precio unitario (dólares/m <sup>2</sup> )	Longitud de las vías (m)
Dir. general	250	60	50
Dir. de la explotación forestal	150	55	30
Dir. de la fábrica	200	60	35
Dir. del aserradero	140	55	30
<u>Empleados y plana mayor (por unidad)</u>			
Casados (70%)	140	55	30
Solteros (30%), departamentos	25	60	6
<u>Obreros</u>			
Casados (70%)	100	15	25
Solteros (30%), departamentos	15	40	5
			<u>Precio por m<sup>2</sup></u>
Comercios casa y departamento	(1.5%) de la superficie edificada),		45
Club	(2%)		50
Hospital	(2%)		60
Iglesia	(1.5%)		45
Escuela	(2%)		50
Cinematógrafo	(2%)		45
Servicios urbanos	(0.5%)		50

/Longitud de los

	Longitud de los accesos	
	Construcciones (m/m <sup>2</sup> )	Espacios (m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> de construcciones)
Comercios	0.2	2
Club	0.2	8
Hospital	0.8	8
Iglesia	0.5	4
Escuela	0.8	20
Cinematógrafo	0.2	2
Oficinas	0.2	2

Espacios suplementarios en torno a las casas (jardines)

Superficie de las plazas (m <sup>2</sup> ):	Empleados	3 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> de construcción
	Obreros	5 m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> de "

10 000 /15 N

N = efectivo total

	Precio de los accesos (dólares/m <sup>2</sup> de longitud)			Precio del acondicionamiento de los espacios
	(A)	(B)	(C)	(Dólares/m <sup>2</sup> )
Calles	25	18	6	
Alcantarillado	7	5	5	Jardines y plazas 0.10
Línea eléctrica	0.30	0.20	0.15	
Línea telefónica	0.15	0.10	0.02	
Agua	3	3	3	
Alumbrado público	0.40	0.15	0.15	Espacios en torno a los edificios comunes, 0.20
	<u>36.85</u>	<u>26.45</u>	<u>14.32</u>	

A=Acceso a los comercios y edificios comunes de la ciudad.

B=Acceso a las viviendas de la dirección y de los empleados.

C=Acceso a las viviendas de los obreros.

Cuadro 4

Viviendas para la dirección y los empleados

Dirección	a) Construcciones (dólares)	b) Accesos (m)	c) Jardines (m <sup>2</sup> )
250 x 60 =	15 000	50	
150 x 55	8 250	30	
200 x 60	12 000	35	
140 x 55	7 700	30	
			740 x 3 = 2 220 m <sup>2</sup>
740 m <sup>2</sup>	42 950	145 x 26.45	
		= 3 835 dólares	2 220 x 0.10 = 222 dólares

42 950  
 3 835  
 222

47 007 dólares en total

Empleados

N<sub>1</sub> masa total de empleados (4 de los cuales, que se supone casados, figuran arriba).

Casados (N<sub>1</sub> x 0.7 - 4)

Solteros N<sub>1</sub> x 0.3

a) Construcciones	Precio (dólares)			
	Unitario	Total		
Superficie = (N <sub>1</sub> x 0.7 - 4) x 140 =	98 N <sub>1</sub> - 560	55	5 390 N <sub>1</sub> - 30 800	
+ N <sub>1</sub> x 0.3 x 25 =	7.5 N <sub>1</sub>	60	450 N <sub>1</sub>	
S (m <sup>2</sup> ) =	105.5 N <sub>1</sub> - 560		5 840 N <sub>1</sub> - 30 800	
b) <u>Accesos</u> (N <sub>1</sub> x 0.7 - 4) x 30 =	21 N <sub>1</sub> - 120			
(N <sub>1</sub> x 0.3) x 6 =	1.8 N <sub>1</sub>			
m	22.8 N <sub>1</sub> - 120	26.45	603 N <sub>1</sub> - 3 174	
c) <u>Jardines</u>	S = (105.5 N <sub>1</sub> - 560)3 =	316.5 N <sub>1</sub> - 1680	0.10	31.65 N <sub>1</sub> - 168
				6 475 N <sub>1</sub> - 34 142

Total de las viviendas, accesos y jardines para los empleados y la dirección: 12 865 + 6 475 N<sub>1</sub>

/Cuadro 5



Cuadro 5

Viviendas para los obreros

$N_2$ masa total de obreros		<u>Precio (dólares)</u>	
		Unitario	Total
<b>a) <u>Construcciones</u></b>			
Superficie para obreros casados ( $N_2 \times 0,7$ ) x 100 =	70 $N_2$	15	1 050 $N_2$
Superficie para obreros solteros ( $N_2 \times 0,3$ ) x 15 =	4.5 $N_2$	40	180 $N_2$
	<u><math>m^2 =</math></u>	<u>74.5 <math>N_2</math></u>	<u>1 230 <math>N_2</math></u>
<b>b) <u>Accesos</u></b>			
( $N_2 \times 0,7$ ) x 25 =		17.5 $N_2$	
( $N_2 \times 0,3$ ) x 5 =		1.5 $N_2$	
		<u>19.0 <math>N_2</math></u>	<u>14,32</u>
			272 $N_2$
<b>c) <u>Jardines</u></b>			
S = 74,5 $N_2$ x 5 =		372,5 $N_2$	0,10
			<u>37 <math>N_2</math></u>
		Total	<u>1 539 <math>N_2</math></u>

El total general de las viviendas, jardines y accesos para el personal en su conjunto se calcula en  $\boxed{\text{Dólares } 12\ 865 + 6\ 475 N_1 + 1\ 539 N_2}$

Las inversiones para los edificios comunes se muestran en el cuadro 6. Por su parte, el cuadro 7 resume todas las inversiones a prever en la comunidad.

Cuadro 6

Edificios comunes

<u>Comercios</u>	$S = 0.015(740 \neq 105.5 N_1 - 560 \neq 74.5 N_2)$	$= 2.7 \neq 1.58 N_1 \neq 1.12 N_2 \text{ m}^2$
Precio (45 dólares/m <sup>2</sup> )	$= 121.5 \neq 71.1 N_1 \neq 50.4 N_2$	dólares
Accesos (m)	$= 0.54 \neq 0.32 N_1 \neq 0.22 N_2$	
Espacios (m <sup>2</sup> )	$= 5.4 \neq 3.2 N_1 \neq 2.2 N_2$	

Club

$S = 0.02 (180 \neq 105.5 N_1 \neq 74.5 N_2)$	$= 3.6 \neq 2.1 N_1 \neq 1.5 N_2$
Precio (50 dólares/m <sup>2</sup> )	$= 180 \neq 105.5 N_1 \neq 74.5 N_2$
Accesos (m)	$= 0.7 \neq 0.42 N_1 \neq 0.3 N_2$
Espacios (m <sup>2</sup> )	$= 28.8 \neq 16.8 N_1 \neq 12 N_2$

Hospital

$S = 3.6 \neq 2.1 N_1 \neq 1.5 N_2$	
Precio (60 dólares/m <sup>2</sup> )	$= 216 \neq 126 N_1 \neq 90 N_2$
Accesos (m)	$= 2.88 \neq 1.68 N_1 \neq 1.2 N_2$
Espacios (m <sup>2</sup> )	$= 28.8 \neq 16.8 N_1 \neq 12 N_2$

Escuela

$S = 3.6 \neq 2.1 N_1 \neq 1.5 N_2$	
Precio (50 dólares/m <sup>2</sup> )	$= 180 \neq 105.5 N_1 \neq 74.5 N_2$
Accesos (m)	$= 2.88 \neq 1.68 N_1 \neq 1.2 N_2$
Espacios (m <sup>2</sup> )	$= 72 \neq 42 N_1 \neq 30 N_2$

Iglesia

$S = 2.7 \neq 1.58 N_1 \neq 1.12 N_2$	
Precio (45 dólares/m <sup>2</sup> )	$= 121.5 \neq 71.1 N_1 \neq 50.4 N_2$
Accesos (m)	$= 1.35 \neq 0.79 N_1 \neq 0.56 N_2$
Espacios (m <sup>2</sup> )	$= 10.8 \neq 6.32 N_1 \neq 4.48 N_2$

Cinematógrafo

$S = 3.6 \neq 2.1 N_1 \neq 1.5 N_2$	
Precios (45 dólares/m <sup>2</sup> )	$= 162 \neq 94.5 N_1 \neq 67.5 N_2$
Accesos (m)	$= 0.72 \neq 0.42 N_1 \neq 0.30 N_2$
Espacios (m <sup>2</sup> )	$= 7.2 \neq 4.2 N_1 \neq 3 N_2$

Edificio para la administración de la comunidad (oficina de la comunidad)

$S = 0.005 (180 \neq 105.5 N_1 \neq 74.5 N_2)$	$= 0.9 \neq 0.53 N_1 \neq 0.37 N_2$
Precio (50 dólares/m <sup>2</sup> )	$= 45 \neq 26.5 N_1 \neq 18.5 N_2$
Accesos (m)	$= 0.18 \neq 0.11 N_1 \neq 0.07 N_2$
Espacios (m <sup>2</sup> )	$= 1.8 \neq 1.1 N_1 \neq 0.7 N_2$

Resumen

	Precios de la construcción	Longitud de los accesos (policía urbana) (m)	Espacios suplementarios
Comercios	121.5+71.1 N <sub>1</sub> +50.4 N <sub>2</sub>	0.54+0.32 N <sub>1</sub> +0.22 N <sub>2</sub>	5.4+3.2 N <sub>1</sub> +2.2 N <sub>2</sub>
Club	180 +105.5 N <sub>1</sub> +74.5 N <sub>2</sub>	0.72+0.42 N <sub>1</sub> +0.30 N <sub>2</sub>	28.8+16.8 N <sub>1</sub> +12 N <sub>2</sub>
Hospital	216 +126 N <sub>1</sub> +90 N <sub>2</sub>	2.88+1.68 N <sub>1</sub> +1.2 N <sub>2</sub>	28.8+16.8 N <sub>1</sub> +12 N <sub>2</sub>
Escuela	180 +105.5 N <sub>1</sub> +74.5 N <sub>2</sub>	2.88+1.68 N <sub>1</sub> +1.2 N <sub>2</sub>	72 +42 N <sub>1</sub> +30 N <sub>2</sub>
Iglesia	121.5+71.1 N <sub>1</sub> +50.4 N <sub>2</sub>	1.35+0.79 N <sub>1</sub> +0.56 N <sub>2</sub>	10.8+6.32 N <sub>1</sub> +4.48 N <sub>2</sub>
Cinematógrafo	162 +94.5 N <sub>1</sub> +67.5 N <sub>2</sub>	0.72+0.42 N <sub>1</sub> +0.30 N <sub>2</sub>	7.2+4.2 N <sub>1</sub> +3 N <sub>2</sub>
Oficina de la comunidad	45 +26.5 N <sub>1</sub> +18.5 N <sub>2</sub>	0.18+0.11 N <sub>1</sub> +0.07 N <sub>2</sub>	1.8+1.1 N <sub>1</sub> +0.7 N <sub>2</sub>
	1 026 +600.2 N <sub>1</sub> +425.8 N <sub>2</sub>	9.27+5.42 N <sub>1</sub> +3.85 N <sub>2</sub>	154.8+90.4 N <sub>1</sub> +64.4 N <sub>2</sub> +10 000+15 (N <sub>1</sub> +N <sub>2</sub> ) =10 155+105 N <sub>1</sub> +80 N <sub>2</sub>

Precios de los accesos (policía urbana)

$$35.85 (0.27 + 5.42 N_1 + 3.85 N_2)$$

$$(35.85 \text{ dólares/m}) = 332.3 + 194.3 N_1 + 138 N_2$$

Precios a los espacios suplementarios

$$= 2 031 + 21 N_1 + 16 N_2 \text{ dólares}$$

$$0.20 \text{ dólares/m}^2$$

Precio total de los edificios comunes:

Dólares //  $3389 + 815.5 N_1 + 580 N_2$

Cuadro 7

Resumen de las inversiones en la comunidad

	Dólares		
Viviendas, accesos a las viviendas y jardines privados	12 865 ₣	6 475 N <sub>1</sub> ₣	1 539 N <sub>2</sub>
Instalaciones comunes, accesos y jardines públicos	3 389 ₣	816 N <sub>1</sub> ₣	580 N <sub>2</sub>
Autobuses y ambulancias	12 000 ₣	200 N <sub>1</sub> ₣	200 N <sub>2</sub>
Carretera principal	20 000 ₣	10 N <sub>1</sub> ₣	10 N <sub>2</sub>
Aeródromo	40 000		
Granjas y cultivos	10 000 ₣	100 N <sub>1</sub> ₣	200 N <sub>2</sub>
Total	98 254 ₣ 7 601 N <sub>1</sub> ₣ 2 529 N <sub>2</sub>		

c) Aplicación de las fórmulas a los diferentes proyectos estudiados

i) Proyecto básico (82 500 t/año de celulosa sin blanquear y aserradero integrado de 80 000 m<sup>3</sup>/año de madera aserrada). Se indicó que la masa de personal a alojar en la comunidad será de:

141 empleados y 639 obreros

sin comprender el personal de las empresas auxiliares encargadas de construir los caminos y de transportar los productos de la fábrica al puerto.<sup>1/</sup>

Según las fórmulas establecidas en el cuadro 7, la inversión correspondiente a la comunidad del personal sería:

$$98\ 254 + (7\ 601 \times 141) ₣ + (2\ 529 \times 639) = 2\ 786\ 026 \text{ dólares}$$

suma que se descompone como sigue:

<sup>1/</sup> El costo del transporte fábrica-puerto se calculó en la hipótesis implícita de que lo asegure una empresa separada cuyo capital no se incluye en el proyecto. Si el transporte lo asegurase la empresa propietaria del conjunto industrial, el precio del transporte no se modificaría, pero el importe de las inversiones en la comunidad deberá aumentarse en  $(7\ 601 \times 5) + (75 \times 2\ 529) = 228\ 000$  dólares en números redondos.

/Viviendas,

	Dólares	Dólares (cifras redondeadas.)
Viviendas, jardines y las vías de acceso correspondientes	1 909 261	1 910 000
Instalaciones comunes, vías de acceso y jardines públicos	489 065	500 000
Material de transporte y ambulancias	168 000	170 000
Camino entre la fábrica y la comunidad	27 800	30 000
Campo de aviación	40 000	40 000
Desarrollo de las explotaciones agrícolas	151 900	150 000
Total	2 786 026	2 800 000

ii) En el caso de la variante con blanqueo de una parte de la celulosa, el aumento que deberá preverse para la masa del personal es:

5 empleados y 67 obreros

de donde resulta una inversión suplementaria de:

$$(7\ 601 \times 5) + (2\ 529 \times 67) = 207\ 448 \text{ dólares,}$$

redondeada a

$$\boxed{208\ 000} \text{ dólares}$$

iii) En el caso de agregar la sección papelera, el aumento a prever en la masa del personal es:

20 empleados y 118 obreros

de donde resulta una inversión suplementaria de:

$$(7\ 601 \times 20) + (2\ 529 \times 118) = \boxed{450\ 000} \text{ dólares}$$

iv) Obsérvese que la parte proporcional --inversiones debidas a las instalaciones comunes y vías de acceso a las viviendas-- es:

por obrero  $2\ 529 - 1\ 267 = 1\ 262$  dólares

per empleado  $7\ 601 - 5\ 421 = 2\ 180$  dólares

Para una superficie promedio (vivienda y jardín) de aproximadamente  $430 \text{ m}^2$  por unidad del personal, o sea en promedio:

$$1\ 720 / 430 = 4 \text{ dólares / m}^2$$

En el caso de ceder terreno a particulares o a otras empresas para la construcción de viviendas, el precio sería el mínimo que habría que pagar a la empresa propietaria de la fábrica (que se añadiría al valor eventual del terreno propiamente dicho), para tener en cuenta el valor de las instalaciones comunes y de los accesos (policía urbana).

#### 4. Superficie de la comunidad

La superficie ocupada por la comunidad puede calcularse según el cuadro 8.

Cuadro 8

Superficie total ocupada por la comunidad

<u>Viviendas:</u>		Accesos (policía urbana) (longitud en m)
Superficie construida	$180 + 105.5 N_1 + 74.4 N_2$	
Jardines	$540 + 316.5 N_1 + 372 N_2$	
<u>Edificios comunes:</u>		
Superficie construida:	$20.7 + 12.1 N_1 + 8.6 N_2$	$9.27 + 5.42 N_1 + 3.55 N_2$
Edificios suplementarios	$10\ 155 + 105 N_1 + 80 N_2$	(anchura 10 m)
<hr/>		
$10\ 896 + 539.1 N_1 + 535.6 N_2$		
<hr/>		
$200 + 182.4 N_1 + 114 N_2$		
<u>Superficie de las vías:</u>	$92 + 54.2 N_1 + 38.5 N_2$	
<hr/>		
$S = \boxed{11\ 188 + 775.7 N_1 + 688.1 N_2}$		

Para relacionar esta superficie con el número de habitantes, hay que dividir  $N_1$  y  $N_2$  entre 4, pues se supuso un promedio de 4 habitantes por unidad de personal efectivo, sin tener en cuenta las familias que no pertenezcan al personal del conjunto industrial propiamente dicho. Así resulta una cifra aproximada de:  $12\ 000\ m^2 \div 4$  ( $190\ m^2$  por habitante)

Suponiendo un total de 5 000 habitantes para el proyecto mínimo (véase el cuadro 2) y de 7 000 en caso de ampliación, habrá que prever un emplazamiento del orden de 95 a 130 hectáreas como espacio necesario para la comunidad, es decir, un orden de magnitud equivalente a un cuadrado de 1 a 1.2 Km de lado.

Deberán preverse además los emplazamientos más favorables, fuera de la comunidad, para los terrenos que se dedicarán a la agricultura y a la ganadería, probablemente en las fértiles zonas del valle del río Aguán.

5. Gastos de funcionamiento de la comunidad

El cuadro 9 muestra en detalle el cálculo de los gastos de funcionamiento de la comunidad. De él resulta que el orden promedio de los gastos a prever --excluyendo la amortización, pero incluyendo el mantenimiento de las viviendas-- es de 243 dólares/año para la vivienda de un empleado y de 112 dólares/año para la vivienda de un obrero.

Ya se comprende que estas cifras constituyen promedios que deberán adaptarse a las diversas categorías de viviendas construidas, en proporción a su valor.

La amortización técnica en 20 años representa alrededor de 228 dólares/año por empleado y de 75 dólares/año por obrero, más 3 000 dólares en que se calcula la parte fija de la inversión, constituida principalmente por las viviendas de los directores.

Cuadro 9

Gastos anuales de funcionamiento de la comunidad

a) Resumen de los datos

Inversiones en la comunidad  $98.3 + 7.6 N_1 + 2.5 N_2$  1 000 dólares  
 Superficie total ocupada  $11\ 188 + 775.7 N_1 + 688.1 N_2$  m<sup>2</sup>

Longitud de las vías

Categoría 2 de (6 + 2 m de anchura) =  $25 + 22.8 N_1$  metros

Categoría 3 de 6 m =  $19 N_2$

Categoría 1 de (8 + 2 m de anchura) =  $9.25 + 5.42 N_1 + 3.85 N_2$  metros

b) Gastos de mantenimiento de las viviendas y de las vías de acceso a las viviendas

3% por año para la categoría de empleados

5% por año para la categoría de obreros

de donde

$$D \text{ (mantenimiento de viviendas)} = 0.03 \times 12\ 865 + 6\ 475 N_1 + 0.05 \times 1\ 539 N_2$$

$$= \boxed{386 + 194.3 N_1 + 77 N_2} \text{ dólares/año}$$

c) Aseo

Calculado a base de un camión de 5 toneladas a 0.20 dólares por t/Km para la longitud total de las vías, una vez por día

$$= 1 \times 0.365 (34 + 28.2 N_1 + 23 N_2) = \boxed{12.4 + 10.3 N_1 + 8.4 N_2} \text{ dólares/año}$$

d) Alumbrado público y riego

2 W por metro categoría 1

1 W por metro categoría 2

0.6 W por metro categoría 3

de donde la potencia:

$$0.6 \times 19 N_2 + 25 + 22.8 N_1 + 2 (9.75 + 5.42 N_1 + 3.85 N_2)$$

$$= \boxed{44.5 + 33.6 N_1 + 19.1 N_2} \text{ Watios}$$

Duración máxima 12 h/d o sea por año:  $12 \times 365 = 4\ 380$  horas

de donde KWH por año:  $195 + 147 N_1 + 84 N_2 = \text{KWH/año}$

/Precio bruto



Precio bruto de la energía (combustible 0.01 dólares/KWH) = 0.02 dólares/KWH  
Mantenimiento y reparación de los aparatos de alumbrado público:

0.02 dólares/KWH

de donde los gastos de alumbrado público serán:

$$\boxed{7.8 + 5.83 N_1 + 3.36 N_2} \text{ dólares/año}$$

- e) Gastos de salubridad (desinsectación, desinfección)  
25% de los gastos de aseo aproximadamente

$$\boxed{0.6 + 0.5 N_1 + 0.4 N_2} \text{ dólares/año}$$

- f) Policía y administración de socorros de urgencia  
20% del conjunto c, d, e, f.

---

Resumen de los gastos anuales de la comunidad

Mantenimiento de las viviendas del personal y de las correspondientes vías de acceso  
386 + 194.3 N<sub>1</sub> + 77 N<sub>2</sub>

Gastos públicos

Mantenimiento de los edificios comunes y accesos (policía urbana) 102 + 24.5 N<sub>1</sub> + 17.4 N<sub>2</sub>

Aseo 12.4 + 10.3 N<sub>1</sub> + 8.4 N<sub>2</sub>

Alumbrado público y riego 7.8 + 5.9 N<sub>1</sub> + 3.4 N<sub>2</sub>

Desinfección 0.6 + 0.5 N<sub>1</sub> + 0.4 N<sub>2</sub>

---

122.8 + 41.2 N<sub>1</sub> + 29.6 N<sub>2</sub>

Policía y administración 24.6 + 8.2 N<sub>1</sub> + 5.9 N<sub>2</sub>

---

147.4 + 49.4 N<sub>1</sub> + 35.5 N<sub>2</sub>

Total redondeado de los gastos públicos:  $\boxed{147 + 49 N_1 + 35 N_2}$  dólares/año

Mantenimiento de las viviendas y de las correspondientes vías de acceso  
386 + 194 N<sub>1</sub> + 77 N<sub>2</sub>

Total de los gastos anuales (sin amortización)

$$\boxed{533 + 243 N_1 + 112 N_2} \text{ dólares/año}$$