

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA
GUATEMALA, CENTRO AMERICA



FERNANDO LEON PINEDA

AL CONFERIRSELE EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

GUATEMALA, JUNIO 1967

UNIVERSIDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central

R
08
T(122)

JUNTA DIRECTIVA
DE LA
FACULTAD DE INGENIERIA
DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

DECANO: INGENIERO AMANDO VIDES TOBAR
VOCAL PRIMERO: INGENIERO OTTO BECKER M.
VOCAL SEGUNDO: INGENIERO FRANCISCO UBIETO B.
VOCAL TERCERO: INGENIERO LEONEL PINOT
VOCAL CUARTO: BACHILLER FRANCISCO JAVIER GODOY A..
VOCAL QUINTO: BACHILLER JAIME ROLANDO RUSELIN
SECRETARIO: INGENIERO JOSE MASSANET

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO

DECANO: INGENIERO JORGE ARIAS B.
SECRETARIO: INGENIERO ROLAND CASTILLO C.
VOCAL TERCERO: INGENIERO OTTO BECKER M.
EXAMINADOR: INGENIERO HUMBERTO OLIVERO
EXAMINADOR: INGENIERO ALFONSO GUIROLA

TESIS DE REFERENCIA
NO

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA
BIBLIOTECA CENTRAL - USAC.

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR:

.....

Cumpliendo con lo establecido por la Ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración mi trabajo de Tesis titulado:

FACTIBILIDAD ECONOMICA
DE LA
HIDROELECTRICA MUNICIPAL
EN EL
RIO DE LAS VACAS

Tema que me fue asignado por la Honorable Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.

DEDICO ESTA TESIS:

=====

A la memoria de:

MI HIJA CLAUDIA MARIA LEON M.
MI PADRE LAUREANO LEON

A mi esposa:

CELESTE AIDA MIRALDA DE LEON

A mis hijos:

CELESTE AIDA Y
LUIS FERNANDO LEON M.

A la señora:

NELLY FRANCO ARGUETA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA,
Y A LA FACULTAD DE INGENIERIA.

- I -
C O N T E N I D O

	PAGINA
INTRODUCCION	1
GENERALIDADES	
DESCRIPCION DE LA CIUDAD DE GUATEMALA	3
DESCRIPCION DEL RIO DE LAS VACAS	4
<u>1. BASES DEL PROYECTO</u>	
1.1 CAUDALES	7
1.1.1 FUTUROS CAUDALES QUE INCREMENTARAN EL RIO DE LAS VACAS	7
1.1.2 NUEVAS INTRODUCCIONES DE AGUA POTABLE	7
1.1.3 AFOROS EN EL RIO DE LAS VACAS	9
1.1.4 CAUDALES FUTUROS EN EL RIO DE LAS VACAS	11
1.2 PLANTAS MUNICIPALES DE BOMBEO DE AGUA QUE USAN ENERGIA ELECTRICA	13
1.2.1 PLANTAS ACTUALES	13
a) Santa Rosita	13
b) Ojo de Agua	14
c) El Molino	15
d) La Brigada	15
e) Canalitos	15
1.2.2 PLANTAS FUTURAS	16
a) Hincapié	16
b) El Aguacate	16
c) El Atlántico	17
1.2.3 POTENCIA MAXIMA NECESARIA	18

	<u>DESCRIPCION DEL PROYECTO</u>	21
2.1	CAMINOS DE ACCESO	21
2.2	HIDROELECTRICA	21
	2.2.1 PRESA DERIVADORA	21
	CAUDAL MAXIMO	22
	2.2.2 DESARENADOR	24
	2.2.3 CANAL	24
	2.2.4 TUNEL	28
	2.2.5 SIFON	29
	2.2.6 EMBALSE DE REGULACION	29
	2.2.7 TUBERIA FORZADA	30
	2.2.8 CASA DE MAQUINAS	30
	2.2.9 EQUIPO ELECTRO-MECANICO	30
2.3	POTENCIA INSTALADA	30
	2.3.1 CAIDA EFECTIVA	30
	2.3.2 FACTOR DE CARGA	31
	2.3.3 CAUDAL DIARIO DISPONIBLE	32
	2.3.4 CAUDAL DURANTE LAS HORAS DE TRABAJO	32
	2.3.5 POTENCIA TEORICA	32
	2.3.6 POTENCIA EFECTIVA	33
	2.3.7 ENERGIA PRODUCIDA ANUALMENTE	33
	2.3.8 ENERGIA DISPONIBLE ANUALMENTE	33
2.4	PRESUPUESTO GENERAL	34
	2.4.1 PRESA DERIVADORA	34
	2.4.2 DESARENADOR	35
	2.4.3 CANAL	35
	2.4.4 TUNEL	36
	2.4.5 SIFON	37
	2.4.6 EMBALSE DE REGULACION	38

	PAGINA
2.4.7 TUBERIA FORZADA	38
2.4.8 CASA DE MAQUINAS	38
2.4.9 EQUIPO ELECTRO-MECANICO	39
2.4.10 CAMINOS	39
2.4.11 LINEAS DE TRANSMISION	39
2.4.12 COMPUERTAS	39
2.4.13 PATIOS DE TRANSFORMACION Y VIVIENDA	39
2.4.14 PROGRAMA DE INVERSION	40
RESUMEN DEL PRESUPUESTO GENERAL	40
2.5 ANALISIS DE LOS PAGOS MUNICIPALES POR CONCEPTO DE "ENERGIA ELECTRICA PARA PLANTAS DE AGUA"	41
2.5.1 PLANTAS ACTUALES	41
a) La Brigada	43
b) Ojo de Agua	43
c) El Molino	44
d) Costo Unitario en cada Planta de Bombeo	43
e) Costo Unitario Promedio	44
f) Pagos efectuados a la Empresa Eléctrica	45
2.5.2 ESTIMACION DEL PAGO FUTURO	45
2.6 CONVENIO MUNICIPALIDAD-EMPRESA ELECTRICA	46
2.7 ANALISIS ECONOMICO DE LA OPERACION	47
2.7.1 GASTOS DE OPERACION	47
2.7.2 COSTO DEL KWH PRODUCIDO	48
2.7.3 COSTO DEL KW INSTALADO	48
2.7.4 ANALISIS DE VENTAS	49
RESUMEN GENERAL DE INGRESOS Y EGRESOS	
2.8 CONSIDERACIONES LEGALES	54
2.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
2.9.1 CONCLUSIONES	57
2.9.2 RECOMENDACIONES	57

INTRODUCCION

Conforme avanza el crecimiento de la Ciudad de Guatemala, así es necesario dotar de servicios las nuevas zonas que se incorporan a la Ciudad, entre estos servicios está la introducción de nuevos caudales de agua potable, pero las últimas introducciones de agua, lo mismo que varios Proyectos Futuros son a base de bombo, por lo cual la Municipalidad de Guatemala tiene grandes consumos de energía eléctrica.

El Ingeniero Edgar Willemsen Díaz, como encargado en ese entonces de la Sección de Estudios de Agua de la Municipalidad, en el informe de labores correspondiente al período 1961 a 1962, planteó y describió la posibilidad de construir una Hidroeléctrica Municipal en el río Las Vacas, aprovechando tanto las aguas provenientes de los drenajes de la ciudad como las aguas de lluvia debidamente embalsadas; y la caída que tiene el río Las Vacas antes de desembocar en el Río Motagua.

La finalidad del presente trabajo es: a) Evaluar la necesidad que tiene la Municipalidad de Guatemala, de disponer de una fuente de energía a bajo costo que le permita la introducción de nuevos caudales de agua potable, por el sistema de bombeo, para satisfacer las necesidades futuras que tenga la ciudad y b) Determinar por medio de un análisis económico, la factibilidad de la construcción de la Hidroeléctrica Municipal Las Vacas.

Agradezco al Ingeniero Kenneth Toppe Matheu su asesoría en el presente trabajo.

DESCRIPCION DE LA CIUDAD DE GUATEMALA

La ciudad de Guatemala está ubicada sobre la línea divisoria interoceánica de Aguas. Esta línea, dentro del área urbana, se localiza en dirección Este-Oeste, es decir que debido a las pendientes del terreno, un sector de la ciudad tiene escurrimiento natural de aguas hacia el norte, corriendo hacia los ríos que desembocan en el océano Atlántico, y otro sector de la ciudad lleva sus aguas hacia los ríos del sur, que descargan en el Lago de Amatitlán. La cuenca del norte o del océano Atlántico, está formada: a) en el lado oriente por el río de Las Vacas, y b) en el lado poniente de la ciudad por el río de La Barranquilla o río de Chinautla.

La cuenca del sur o del Lago de Amatitlán está constituida principalmente por la del río Villalobos, que limita sus vaguadas por el lado sur. Este río desemboca en el lago de Amatitlán, que a su vez es drenado por el río Michatoya, hacia el Océano Pacífico.

Por razones turístico-sanitarias, los drenajes que fluyen hacia el Lago de Amatitlán, son del sistema conocido como separativo o sanitario, debiendo las aguas negras, recibir un tratamiento especial, previo a su descarga en las cuencas naturales.

Ya que el crecimiento principal de la ciudad es hacia el sur, la Municipalidad de la ciudad de Guatemala se enfrentó al problema de drenar, tanto las aguas de lluvia, como las aguas negras de las nuevas zonas incorporadas a la Ciudad; y después de un minucioso estudio Técnico-Económico, llegó a la conclusión de que la manera más económica de resolver parcialmente el problema era desviando los drenajes hacia la cuenca del A-

tlántico, para esto, inició un programa de construcción de grandes colectores de Drenajes, los cuales son: a) el gran colector Reformita-Mariscal-Roosevelt, en el lado sur-poniente de la ciudad y que debe su nombre a los barrios que sirve, y b) el gran colector 10-13-14, en el lado sur-oriente de la ciudad, que debe su nombre a las zonas que sirve. Estos dos grandes colectores al estar concluidos con sus respectivos ramales y redes superficiales de drenajes, recogerán las aguas de un gran sector de la zona sur de la ciudad, conduciéndolas hacia el norte, hasta desembocar en los ríos que forman la cuenca del Océano Atlántico, afluentes del río de Las Vacas. De los dos colectores antes mencionados, el Reformita-Mariscal-Roosevelt con casi la totalidad de sus ramales, ya está construido y en servicio; no así el colector 10-13-14, cuyos estudios y presupuesto, están terminados, dependiendo el inicio de su construcción de la resolución favorable que dé el Banco de Guatemala, a la solicitud de empréstito que le hiciera la Municipalidad.

DESCRIPCION DEL RIO DE LAS VACAS

El río de Las Vacas, corre de sur a norte al oriente de la ciudad. Cerca de la población de Chinautla se le incorpora el río de La Barranquilla o de Chinautla, manteniendose el nombre de río de Las Vacas. Aguas abajo, a varios kilómetros de distancia se le une el río Los Plátanos, descargando ambos en el río Grande o Motagua, el cual desemboca finalmente en el Océano Atlántico.

Antes de fundarse la ciudad de Guatemala, en el sitio que actualmente ocupa, el río de Las Vacas tenía un caudal de estiaje relativamente bastante menor al actual, con el establecimiento definitivo de la Ciudad y la

consecuente construcción de los grandes acueductos españoles, hubo necesidad de evacuar las aguas de lluvia y las aguas servidas, descargándolas en los barrancos más próximos, los que están comprendidos en la cuenca del río de "Las Vacas"; con los incrementos, consecuencia de las diferentes obras de Drenaje el caudal del río de Las Vacas fué gradualmente en aumento, hasta alcanzar su magnitud actual y en el futuro seguirá conforme el incremento de agua potable a la ciudad y el programa de Drenajes desviadores de la zona sur de la ciudad, drenajes que desvían las aguas hacia la cuenca atlántica, por medio de los dos grandes colectores antes mencionados.

Cuando el río sale de la ciudad, en el norte de la misma, sigue una pendiente suave en un cauce con meandros hasta mas o menos 1.5 kilómetros aguas abajo del pueblo San Antonio Las Flores, en ese punto, a una cota de 1100 metros sobre el nivel del mar se encañona y principia una pendiente fuerte hasta la cota 600, en donde vuelve a tener una pendiente suave, como se podrá observar en el plano, el salto aprovechable es de aproximadamente 500 metros.

1. BASES DEL PROYECTO

1.10. CAUDALES

1.10.10 FUTUROS CAUDALES QUE INCREMENTARAN

EL RIO DE LAS VACAS

Quando los nuevos proyectos de introducción de agua potable a la ciudad de Guatemala sean una realidad, se termine la construcción del sistema de grandes colectores, el río de Las Vacas se verá incrementado en su caudal. Estos incrementos provendrán de las siguientes obras y consideraciones.

1o. - Introducción de nuevos caudales de Agua potable se estima que un 90% de ellos resurgirá en los drenajes.

2. - Construcción del gran colector 10-13-14, sus respectivos ramales y la red superficial de drenaje.

3o. - Terminación de los ramales pendientes del gran colector Reformita-Mariscal-Roosevelt, lo mismo que la red superficial de drenaje.

1.1.2. NUEVAS INTRODUCCIONES DE AGUA POTABLE

Las nuevas introducciones de agua potable consideradas hasta la fecha, se muestran en el cuadro siguiente:

Año Introducción	Nombre Proyecto	Caudal Pajas
1967	Proyecto Hincapié	5,000
1967	Proyecto El Aguacate	4,500
1968	Proyecto El Atlántico	10,000
1970	Teocinte III	20,000
1972	Xayá-Pixcayá	<u>50,000</u>
	Total de pajas:	89,500

Siendo la paja de agua igual a dos metros cúbicos por día, para su reducción a metros cúbicos por segundo, se opera así:

$$\frac{2}{24 \times 60 \times 60} = \frac{1}{43,200}$$

Caudal en metros cúbicos por segundo:

$$\frac{89,500}{43,200} = 2.072$$

CAUDAL DE NUEVAS INTRODUCCIONES

DE AGUA = 2.072 mts. 3/seg.

Asumiendo que el caudal que resurge en los drenajes, es el 90% del agua servida, el incremento por los nuevos proyectos de introducción de agua será:

$$2.072 \times 0.90 = 1.8648 \text{ mts. 3/seg.}$$

Pero de este total, parte del agua drenará ha-
cia la cuenca del Océano Pacífico, estimándose éste en
un 20% por lo que se tendrá:

$$1.8648 \times 0.80 = 1.49184 \text{ mts. 3/seg.}$$

EL INCREMENTO DEL CAUDAL DEL RIO DE LAS VACAS, POR LOS NUEVOS PROYECTOS DE INTRODUCCION DE AGUA, SERA DE: 1.492 mts. 3/seg.

1.1.3 AFOROS EN EL RIO DE LAS VACAS

La Sección de Estudios de Agua de la Municipalidad de Guatemala, aforó el río de Las Vacas en época seca, durante el verano de los años 1961, 62, 63 y 64. La forma de efectuar los aforos, fué como sigue: Con vertedero de madera de tres bocas, cada una de 12 pulgadas de altura y un ancho de 6 pies, se efectuaron lecturas horarias durante 8 horas al día en una época, y hacia el final del verano, cada hora durante las 24 horas del día. Como la Empresa Eléctrica tiene instalada, aguas arriba del río de Chinautla, una pequeña Hidroeléctrica, que para su funcionamiento embalsa las aguas del río durante el día para usarlas en las horas de mayor consumo de energía eléctrica, o sea durante la noche, se tomaron los datos de las lecturas efectuadas durante las 24 horas del día, para obtener los promedios de gastos diarios en el río de Las Vacas, dando los siguientes resultados:

Fecha	Gasto Promedio Diario
15/4/61	1,462 lts./seg.
16/4/61	1,462 "
17/4/61	1,414 "
18/4/61	1,426 "
19/4/61	1,496 "
20/4/61	1,450 "
25/4/61	1,770 "
26/4/61	1,742 "
27/4/61	1,714 "
28/4/61	1,619 "

Fecha	Gasto Promedio Diario
29/4/61	1,651 lts./seg.
30/4/61	1,663 "
2 /5/61	1,780 "
4 /5/61	1,565 "
16/4/63	1,913 "
17/4/63	1,677 "
18/4/63	1,901 "

Con los promedios anteriores, se formuló el cuadro No. 1 "CURVAS DE GASTOS PROMEDIO DIARIOS EN EL RIO DE LAS VACAS". En este cuadro se observa la diferencia existente entre los mismos días del mes de Abril del año 1961 y los del año 1963.

Promediando los gastos diarios de los mismos días, (16, 17 y 18) en el mismo mes, (Abril) en los dos años estudiados tenemos:

$$Q \text{ promedio } 1963 = 1,830 \text{ lts./seg.}$$

$$Q \text{ promedio } 1961 = 1,434 \text{ lts./seg.}$$

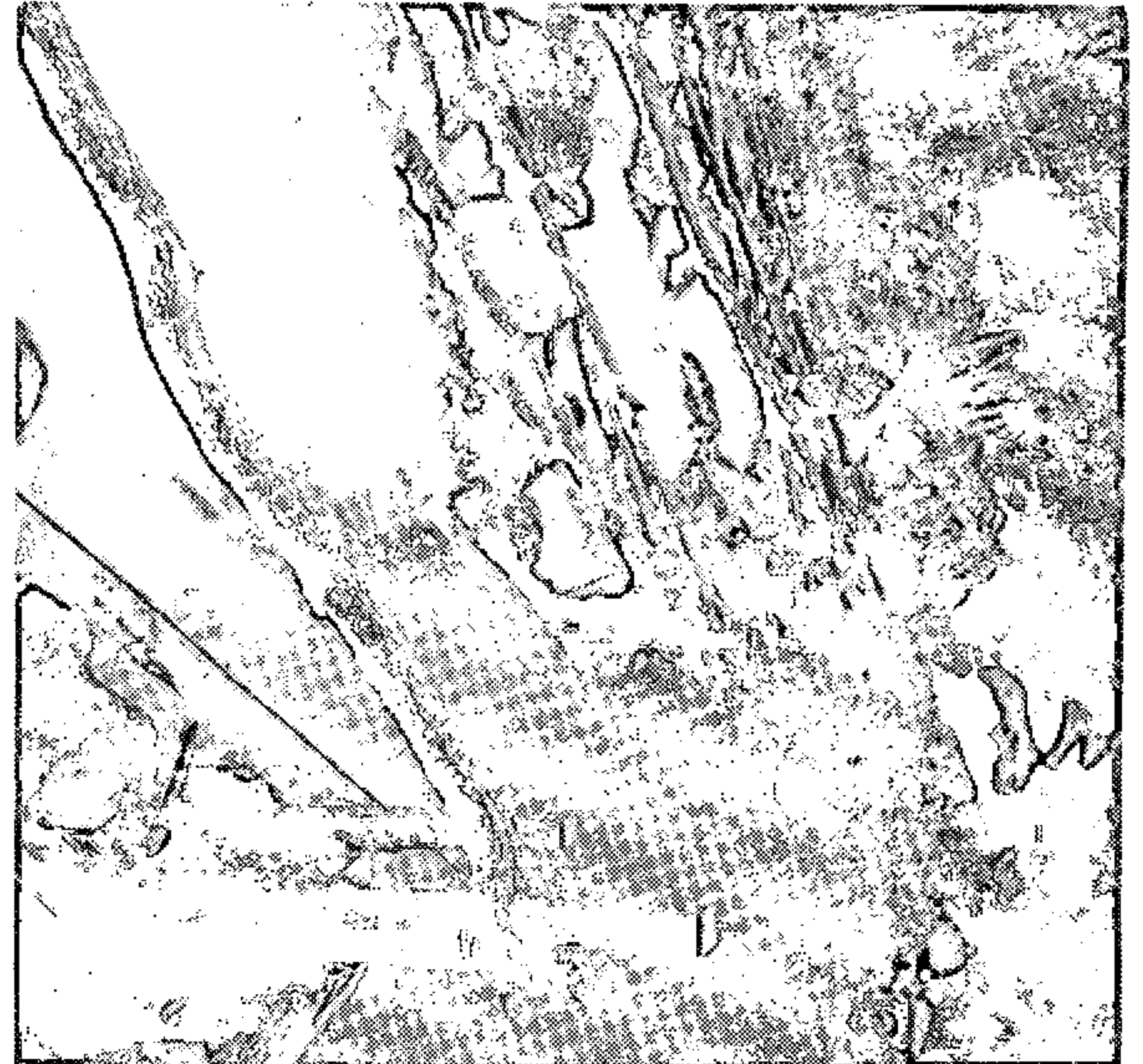
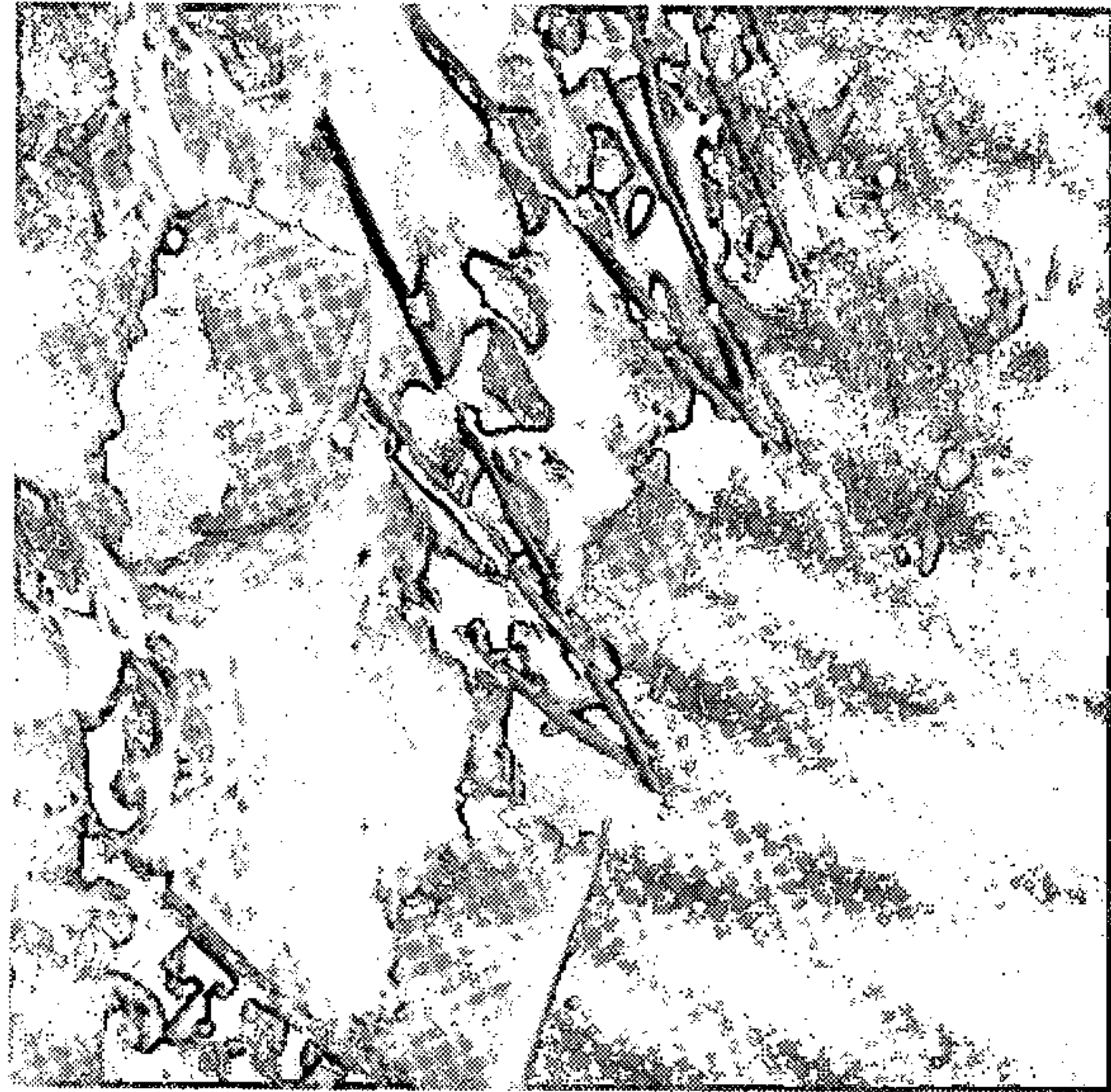
Con ésto se obtiene un incremento en el gasto = A

$$A = 1,830 - 1,434 = 396 \text{ lts./seg.}$$

Ahora bien, comparando este incremento registrado en el gasto del río de Las Vacas, con el incremento de agua producida por la Municipalidad en el mes de Abril de los años 1961 y 1963 (datos obtenidos en la Dirección de Aguas Municipales)

$$\text{Agua Producida en Abril de } 1961 = 58.50 \text{ M. L.D.}$$





Agua producida en Abril de 1963 = 76.06 M. L. D.

El Incremento A' en el agua producida por la municipalidad fué:

$$A' = 76.06 - 58.50 = 17.56 \text{ M. L. D.}$$

Reduciendo estos millones de litros diarios a litros por segundo tenemos:

$$\frac{17,560,000}{24 \times 60 \times 60} = 203 \text{ lts. /seg.}$$

$$A' = 203 \text{ lts. /seg.}$$

El incremento en el río de Las Vacas, es ma-
yor que el de las aguas producidas, debido a los incre-
mentos paralelos en el servicio de agua del Mariscal y
la construcción de pozos de agua privada, lo mismo que
a la construcción de nuevas obras de drenajes en la ciu-
dad, que han venido incorporando servicios que antes no
drenaban en los colectores municipales.

1.1.4 CAUDALES FUTUROS EN EL RIO DE LAS VACAS

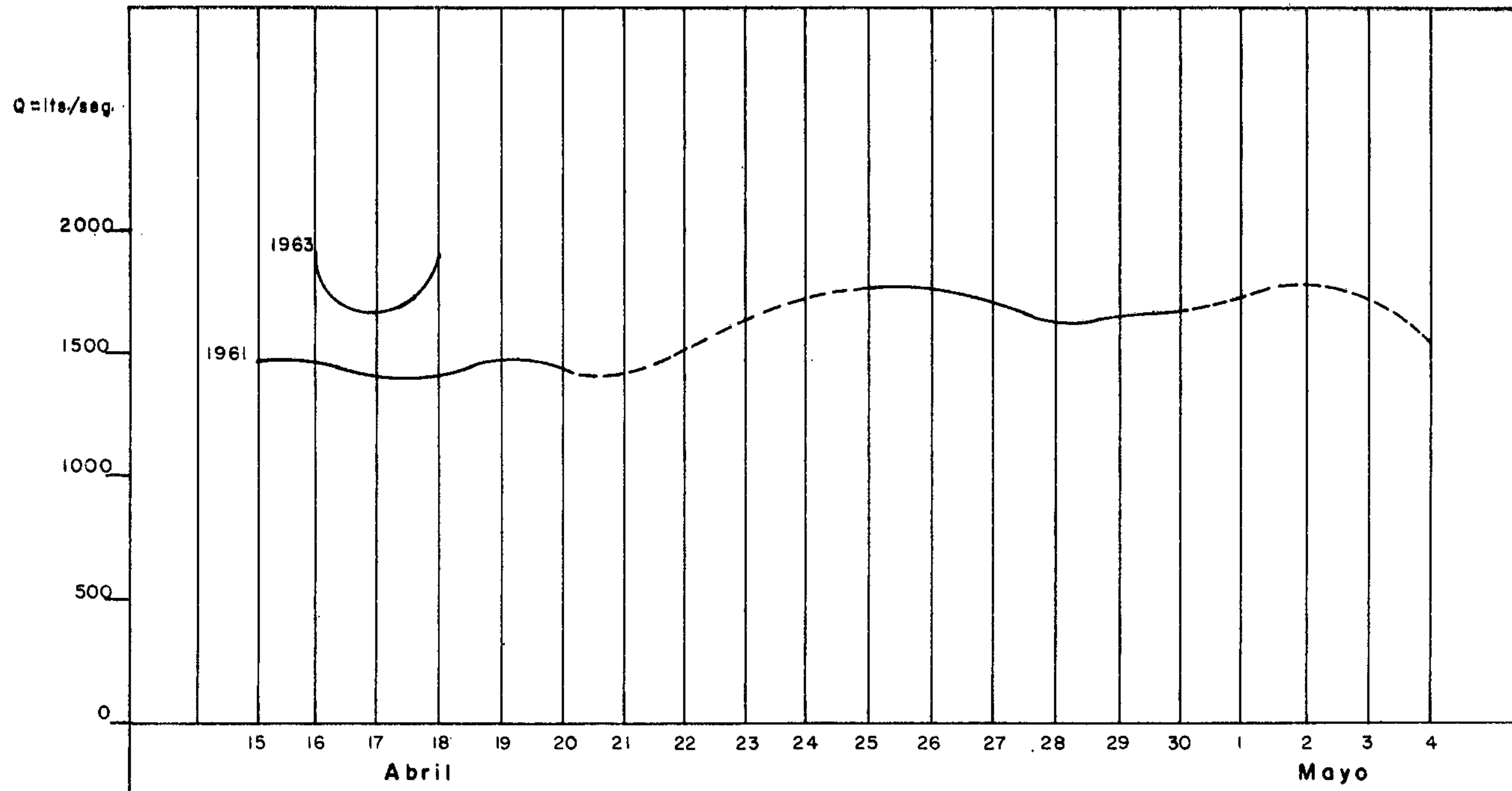
Dejando de considerar los incrementos en el cau
dal del río por las nuevas construcciones de drenajes, y
considerando únicamente: el gasto promedio del río de
Las Vacas en 1963 = 1.830 - mts. 3/seg. y el incremento
por las nuevas introducciones de agua = 1.492 mts. 3/seg.

$$\text{Gasto total} = 1.840 + 1.492 = 3.322 \text{ mts. 3/seg.}$$

CAUDAL FUTURO (1973) EN EL RIO DE LAS VACAS =
3.322 mts. 3/seg.

Es necesario un mejor control de los aforos, pa

ra obtener datos representativos, sin embargo los obtenidos se consideran Conservadores y se utilizarán en el presente análisis.



CURVA DE GASTOS PROMEDIOS DIARIOS EN EL RIO DE LAS VACAS

1.2. PLANTAS MUNICIPALES DE BOMBEO DE AGUA,
ACTUALES Y FUTURAS, QUE NECESITAN ENER-
GIA ELECTRICA.

PLANTAS ACTUALES:

- a) Santa Rosita
- b) Ojo de Agua
- c) El Molino
- d) Planta La Brigada
- e) Canalitos

PLANTA FUTURAS:

- a) Hincapié
- b) El Aguacate
- c) Proyecto El Atlántico

De las plantas actualmente en funcionamiento, - hay algunas que trabajan a base de motores eléctricos, y otras a base de motores diessel. Para las de motores diessel se calculará la potencia necesaria de los motores eléctricos equivalentes, en base de su carga Dinámica y Caudal.

1.2.1 PLANTAS ACTUALES:

a) SANTA ROSITA:

Con un caudal a bombear de: 1,500 pajas

$$\text{Caudal} = \frac{1500}{43.2} = 34.7 \text{ lts./seg.}$$

Su carga Dinámica es de: 190 mts.

$$34.7 \times 190 = 6,593 \text{ kilográmetros.}$$

$$6,593 \times 9.8 = 64,611 \text{ vatios}$$

Estimando un coeficiente de eficiencia de 0.90 en el motor y en la transformación y de 0.70 en la bomba, dá un coeficiente de eficiencia total:

$$\text{Coeficiente de eficiencia} = 0.90 \times 0.70 = 0.63$$

$$\text{K.W. necesarios} = \frac{64,611}{0.63} = 102.5 \text{ KW.}$$

Como esta planta trabaja 24 horas diarias durante 180 días y 12 horas diarias durante 180 días, la necesidad hraria será:

$$\begin{array}{r} 24 \times 180 = 4,320 \\ 12 \times 180 = \underline{2,160} \\ \text{Suma} \quad \quad 6,480 \text{ horas} \end{array}$$

KWH/año:

$$6,480 \times 102.5 = 664,200 \text{ KWH/año}$$

La Planta de Santa Rosita necesitará: 664,200 KWH/año

b) OJO DE AGUA:

Según informes municipales de lectura en el año de 1966, el promedio anual de necesidades en KWH fué de:

$$\underline{17,724,000 \text{ KWH/año}}$$

c) EL MOLINO:

La Dirección de Aguas y Drenajes de la Municipalidad estima que; en un futuro próximo; el Molino consumirá 3 veces su consumo actual. De las lecturas en el año 1966, se obtuvo el promedio anual siguiente:

308,772 KWH/año

Necesidades futuras = $3 \times 308,772 = 926,316$ KWH/año

Necesidades futuras = 926,316 KWH/año

d) PLANTA LA BRIGADA

Según informes municipales, en el año 1966 se obtuvo una necesidad de:

850,224 KWH/año

e) CANALITOS:

Con un caudal a bombear de: 3,000 pajas.

$$\text{Caudal} = \frac{3,000}{43.2} = 69.44 \text{ lts./seg.}$$

$$69.44 \times 294 = 20,415 \text{ kilográmetros}$$

$$20,415 \times 9.8 = 200,067 \text{ vatios}$$

Con coeficiente de eficiencia total de: 0.63

$$\text{KW necesarios} = \frac{200,067}{0.63} = 317.56 \text{ KW}$$

Esta planta trabaja 24 horas diarias durante todo el año por lo tanto las horas totales a trabajar son:

$$24 \times 365 = 8,760 \text{ horas}$$

KWH/año:

$$8,760 \times 317.56 = 2,781,825 \text{ KWH/año}$$

La Planta Canalitos necesitará: 2,781,825 KWH/año

1.2.2 PLANTAS FUTURAS:

a) PROYECTO HINCAPIE:

Del proyecto Hincapié, preparado por la Dirección de Aguas Municipales, se obtienen los datos de la energía necesaria:

$$\underline{3,888,000 \text{ KWH/año}}$$

b) EL AGUACATE:

Con un caudal a bombear de: 4,500 pajas

$$\text{Caudal} = \frac{4,500}{43.2} = 104.16 \text{ lts./seg.}$$

Con una carga Dinámica de: 192 metros.

$$\begin{aligned} \bullet \quad 104.16 \times 193 &= 20,102 \text{ kilográmetros} \\ 20,102 \times 9.8 &= 197,008 \text{ vatios} \end{aligned}$$

Con un coeficiente de eficiencia total de: 0.63

$$\text{KW necesarios} = \frac{197,008}{0.63} = 312.71 \text{ KW}$$

Esta planta trabajará 24 horas diarias durante

24 horas diarias durante 8 meses y su necesidad horaria anual será:

$$8 \times 24 \times 30 = 4,608 \text{ horas.}$$

KWH/año:

$$312.71 \times 4,608 = 1,440,967 \text{ KWH/año}$$

La necesidad de la planta "El Aguacate" será de:

$$\underline{1,440,967 \text{ KWH/año}}$$

c) PROYECTO EL ATLANTICO:

Con un caudal a bombear de: 10,000 pajas

$$\text{Caudal} = \frac{10,000}{43.2} = 231.48 \text{ lts./seg.}$$

Su carga Dinámica es de: 471 metros.

$$231.48 \times 471 = 109,027 \text{ kilográmetros}$$

$$109,027 \times 9.8 = 1,068,464 \text{ vatios}$$

Con un coeficiente de eficiencia total de: 0.63

$$\text{KW necesarios} = \frac{1,068,464}{0.63} = 1,695.9 \text{ KW.}$$

Esta planta trabajará 24 horas diarias durante todo el año su necesidad horaria será:

$$24 \times 365 = 8,760 \text{ horas}$$

KWH/ año:

$$1,695.9 \times 8,760 = 14,856,084 \text{ KWH/año}$$

La planta "El Atlántico" necesitará:

14,856,084 KWH/año

Resumen de energía eléctrica en KWH/año que necesitará la Municipalidad de Guatemala, para sus plan-tas de bombeo de agua, incluyendo las actuales y las futuras:

PLANTAS ACTUALES:

1o. Santa Rosita	664,200 KWH	
2o. Ojo de Agua	17,724,000	"
3o. El Molino	926,316	"
4o. La Brigada	850,224	"
5o. Canalitos	2,781,825	" 22,946,565

PLANTAS FUTURAS:

1o. Proyecto Hincapie	3,888,000 KWH	
2o. El Aguacate	1,440,967	"
3o. El Atlántico	14,856,084	" 20,185,051

Total 43,131,616 KWH

La necesidad total de KWH/año de la Municipali-dad de Guatemala, cuando estén en funcionamiento los proyectos mencionados como "Plantas Futuras", será:..

..... 43,131,616 KWH

1.2.3 POTENCIA MAXIMA NECESARIA

De datos de la Dirección de Aguas Municipales, y los datos anteriores se obtiene la Potencia Máxima ne-cesaria en cada una de las plantas de bombeo de Agua:

PLANTAS ACTUALES:

1o. Santa Rosita	125 KW	
2o. Ojo de Agua	3,200 "	
3o. El Molino	300 "	
4o. La Brigada	250 "	
5o. Canalitos	330 "	<u>4,205 KW</u>

PLANTAS FUTURAS:

1o. Hincapié	1,000 KW	
2o. El Aguacate	330 "	
3o. El Atlántico	1,800 "	<u>3,130 KW</u>
Total		<u>7,335 KW</u>

POTENCIA MAXIMA NECESARIA= 7,335 KW

=====

II DESCRIPCION DEL PROYECTO

2.1 CAMINO DE ACCESO:

Deberán construirse 20 kilómetros de camino tanto de acceso como para el control de canales.

2.2 HIDROELECTRICA

El proyecto de Hidroeléctrica Municipal en el río de Las Vacas, como se podrá ver en el plano, consta de las siguientes partes:

- a) Presa Derivadora
- b) Desarenador
- c) Canal
- d) Tunel
- e) Sifón
- f) Embalse de Regulación
- g) Tubería Forzada
- h) Casa de Máquinas
- i) Equipo Eléctro-Mecánico

2.2.1 PRESA DERIVADORA:

En el río de Las Vacas, aproximadamente a 1.5 kms. aguas abajo de la población de San Antonio Las Flores, se encuentra un estrechamiento en su cauce. Según una inspección ocular al terreno, se vió que ese punto reúne condiciones favorables para construir allí la Presa Derivadora, pues las paredes laterales del cauce en el estrechamiento parecen impermeables. Las funciones que deberá cumplir esta presa son:

- 1o. Derivar el agua del río hacia el desarenador
- 2o. Proteger el canal de las corrientes máximas.
- 3o. Proveer cierta regulación diaria para los caudales de entrada.

CAUDAL MAXIMO:

En vista de que una de las funciones de la presa derivadora es la de proteger el canal de las corrientes máximas, se procederá a efectuar una estimación del Caudal Máximo Probable. Como no se tienen datos completos para encontrar correctamente el caudal máximo probable, se hará uso de la Fórmula Racional.

$$Q = \frac{C \times I \times A}{360}$$

En la cual:

Q = Gasto en metros cúbicos por segundo

C = Relación entre la escorrentía y la cantidad de lluvia caída en el área.

I = Intensidad de lluvia en m. m. /hora.

A = Area de la cuenca en Hectáreas.

El tiempo de concentración se tomó en función del ramal más largo (25 kms.) y la velocidad de escurrimiento 3 metros por segundo, el resultado fué de: 138 minutos.

La intensidad de lluvia para un período de proba

bilidad de 50 años, con un tiempo de concentración de 138 minutos es de 42 m. m. /hora.

Para "C" se tomó 0.53 utilizando el mismo valor que el usado en el Proyecto Hincapié.

El área tributaria aproximada de la cuenca del río de Las Vacas, en el punto de localización de la presa derivadora, es de: 25,000 hectáreas.

Aplicando valores:

$$Q = \frac{0.53 \times 42 \times 25,000}{360} = 1,545 \text{ mts. } 3/\text{seg.}$$

$$Q = \underline{1,545 \text{ mts. } /\text{seg.}}$$

Aplicando la fórmula de Forty, fórmula usada por los servicios hidrográficos italianos.

$$q = 2.35 \times \frac{500}{A - 125} = +0.5$$

En la cual:

$$q = \text{Gasto específico en mts. } 3/\text{seg. } /\text{km.}^2$$

$$A = \text{Area de la Cuenca en kms}^2.$$

Aplicando valores:

$$q = 2.35 \times \frac{500}{250 - 125} = + 0.5$$

$$q = 3.6 \text{ mts. } 3/\text{seg. } /\text{km.}^2$$

$$Q = A \times q$$

$$Q = 250 \times 3.6 = 900$$

$$Q = 900 \text{ mts.}^3/\text{seg.}$$

Usando el promedio de los 2 gastos, el Caudal Máximo Probable es de:

$$\underline{Q = 1,223 \text{ mts.}^3/\text{seg.}}$$

Se estima que con las características propias del lugar escogido para la construcción de la Presa, con una estructura de 10 metros de alto y 100 metros de longitud de coronación, se cumplen las funciones de la Presa Derivadora.

2.2.2 DESARENADOR:

Con el objeto de evitar la presencia de sedimentos en el canal, inmediatamente después de salir las a-guas de la Presa Derivadora deberán pasar por un desarenador. A la entrada del desarenador, deberá haber un tranquilizador constituido por rejas gruesas decrecientes en el sentido de la corriente, para uniformizar la velocidad del agua. También deberá contar con una Pluma Flotante, con el objeto de evitar el ingreso, al canal, de cuerpos flotantes que pueda llevar la corriente.

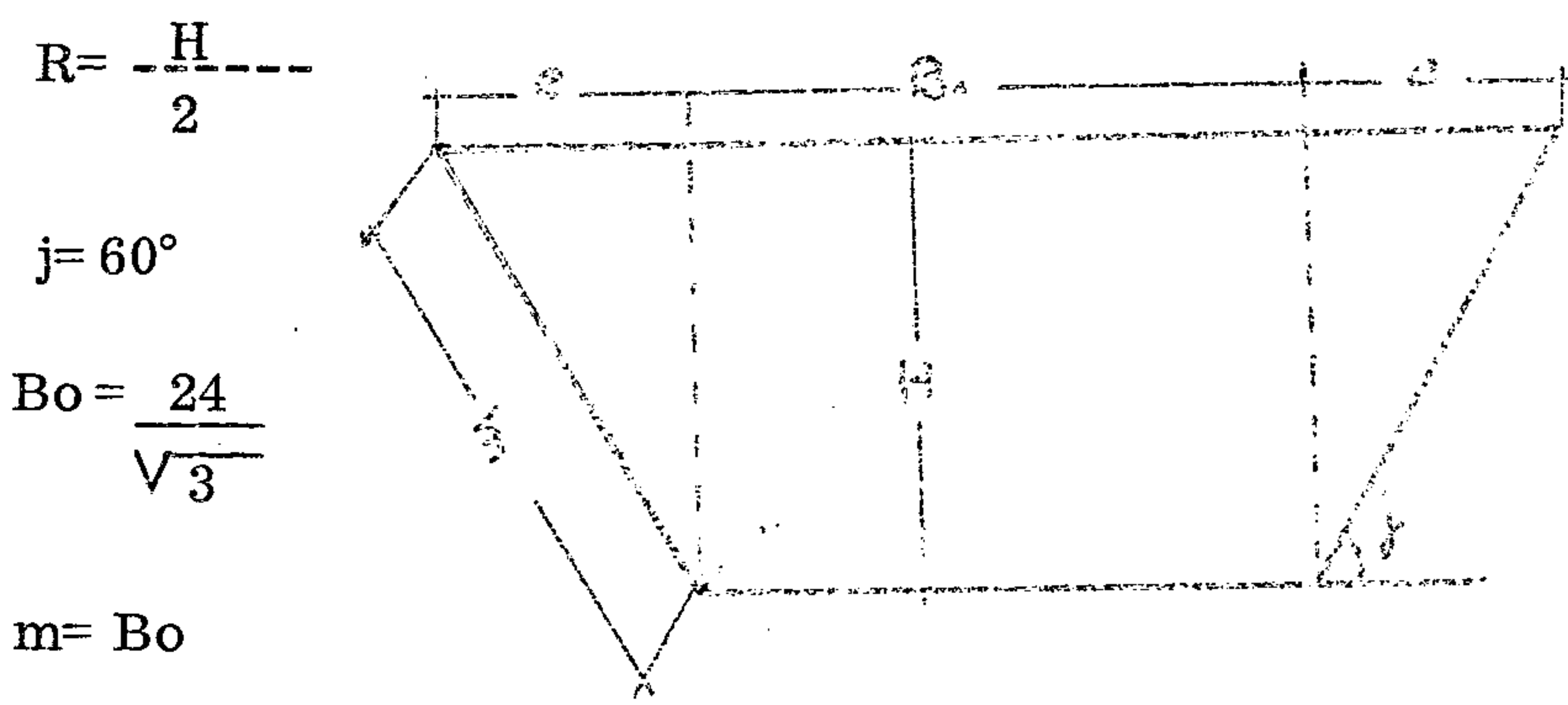
2.2.3 CANAL:

Las aguas después de pasar por el desarenador, entran al Canal de bordeo, el cual tendrá una pendiente del 2/000, y seguirá sensiblemente la cota 1100 por el lado oriente del río, hasta el punto No. 3 marcado en el plano, en el que penetra a un túnel de corta longitud. A la salida de este pequeño túnel continua nuevamente el

canal, hasta encontrar el punto No. 4 en donde se presentan dos alternativas: a) Perforar un túnel de aproximadamente 1,600 metros de largo, y b) Seguir el Canal, por bordeo, sobre la cota 1100.

Se prefirió la alternativa a), por ser muy largo el bordeo en canal, con la consiguiente pérdida de altura debido al exceso de longitud, y por la experiencia municipal en la construcción de túneles.

La sección transversal del canal se consideró trapezoidal. Para hacerla económica, tiene que cumplir con las siguientes condiciones:



En las cuales:

R= Radio Hidráulico

H = Tirante de Agua

$$j = \frac{e}{H}$$

Bo = Base del canal

Formula de Manning para la velocidad:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

En la cual:

R = Radio Hidráulico

S = Pendiente

V = Velocidad

n = Coeficiente

Formula del Gasto:

$$Q = A \times V$$

En la cual:

Q = Gasto en metros cúbicos por segundo

A = Area de la sección en metros cuadrados

V = Velocidad en metros por segundo

Hemos visto que el caudal del río de Las Vacas, será de: 3.322 metros³/seg. Pero para el cálculo de la sección del cual como del túnel, se usará un caudal de 8 mts.³/seg. para prever cualquier incremento futuro, y poder también aprovechar el caudal de invierno que indudablemente será mayor que el considerado.

Aplicando valores:

$$Q = 8 \text{ mts. }^3/\text{seg.}$$

$$S = 0.002.$$

$n = 0.013$ (para hormigón)

El valor del tirante de agua es de: $H = 1.34$ mts.

En base de las fórmulas anteriormente explicadas, se encuentra el resto de los valores del trapecio:

$$\begin{aligned} A &= 3.11 \text{ mts.}^2 \\ B_o &= 1.55 \text{ mts.} \\ m &= 1.55 \text{ mts.} \end{aligned}$$

Velocidad del agua en el canal:

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{8}{3.11} = 2.88 \text{ mts./seg.}$$

V menor que 3 mts./seg.

La velocidad resultante es satisfactoria.

Verificando ahora la altura crítica, para determinar el tipo de régimen, en que se desplaza el agua en el canal, se usa la fórmula siguiente:

$$Q = \sqrt{g \frac{(b_o + j H_c)^3 H_c^3}{B_o + 2 j H_c}}$$

En la cual:

- Q = Gasto en mts.³/seg.
- g = Gravedad
- B_o = Base del Trapecio
- j = Relación entre "e" y H
- H_c = Altura crítica.

Aplicando valores ya conocidos en la ecuación anterior, se obtiene un valor para $H_c = 1.21$ Mts., que es menor a 1.34 mts. y por lo consiguiente el agua en el canal se desplaza en régimen Lento.

Para fines de presupuesto se tomará $H = 1.85$ mts. para evitar así pérdidas de Agua por viento y pequeñas olas. La longitud total de los canales es de: 5,600 mts. lineales.

2.2.4 TUNEL:

Este túnel deberá ser de sección circular y con una pendiente del 2/000. Atravezará un macizo que se supone más alta, tiene una cota de: 1,480 mts., por lo que la máxima profundidad del túnel, será del orden de: 380 mts. Su boca de salida, está marcada en el plano con el No. 5.

Su sección será:

$$A = \frac{Q}{V} = \frac{Q \times n}{R^{2/3} S^{1/2}}$$

Si:

$$Q = 8 \text{ mts.}^3/\text{seg.}$$

$$n = 0.013$$

$$S = 0.002$$

$$R = \frac{D}{4} \text{ (por ser circular)}$$

$$A = 0.785 \times D^2$$

Aplicando Valores $D = 2.12$ mts.

Se adoptó $D = 2.25$ mts.

La longitud total aproximada de los túneles es de: 3,300 mts. 1..

2.2.5 SIFON:

En el punto No. 5 o sea en la boca de salida del túnel, se inicia el Sifón, con una profundidad de 100 mts. y una distancia horizontal de 250 mts. Este Sifón podrá estar constituido de dos tuberías paralelas de 1.25 mts. de diámetro cada una y con capacidad de 4 mts.³ c/u. El Sifón deberá estar provisto, en su parte inferior, de válvulas destinadas a la limpieza del mismo. También deberá tener dos estructuras de transición una a la entrada y otra a la salida del mismo.

RESUMEN DE LONGITUDES EN LA LINEA DE CONDUCCION

Canales	5,600 mts. lineales
Tuneles	3,300 " "
Sifón	300 " "
Longitud total	<u>9,200 mts.lineales = 9.2 kms.</u>

2.2.6 EMBALSE DE REGULACION

Este embalse de regulación, se obtiene mediante la construcción de un DIQUE, identificado en el plano con el No. 6, localizado aproximadamente a tres kms. al norte de la población de San Pedro Ayampuc. Las caracte

terísticas del Dique, son las siguientes: Altura 20 mts. y longitud de coronación aproximadamente 100 mts. Siendo el volumen estimado del embalse: 350,000 mts.³.

2.2.7 TUBERIA FORZADA:

Desde el embalse de regulación y en dirección norte, se instalará la Tubería Forzada, aprovechando el desnivel entre el embalse de regulación y la Casa de máquinas, situada en las márgenes del río de Las Vacas, en la cota 640. La longitud aproximada de la tubería forzada, es de: 1,500 mts. lineales.

2.2.8 CASA DE MAQUINAS:

Deberá ser una estructura de Hormigón; con capacidad suficiente para alojar al equipo Electro-Mecánico.

2.2.9 EQUIPO ELECTRO-MECANICO

Serán turbinas con características propias, a ser diseñadas.

2.3 POTENCIA INSTALADA:

Para poder calcular la potencia que producirá la "Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas", se debe conocer primero su caída efectiva.

2.3.1 CAIDA EFECTIVA:

De acuerdo con la longitud y pendiente de los ca-

nales y tuneles, en estos se estimó una pérdida de 20 mts., en la tubería forzada, la pérdida de carga será de aproximadamente 15 mts., además se deben descontar unos 10 mts. de altura, para la localización de la casa de máquinas, sobre el fondo del río.

Total de pérdida:

	En Canales y Túneles	20 mts.
	En Tubería Forzada	15 mts.
(*)	En Sobrefondo	<u>10 mts.</u>
	Total	45 mts.

(*) Se consideró sobrefondo por asumir el equipo hidráulico del tipo "Pelton".

Teniendo la salida del canal una cota de 1100, y la llegada a las turbinas una cota de 640, se obtiene una diferencia de niveles de 460 mts. La caída efectiva será por consiguiente:

$$460 - 45 = 415 \text{ mts.}$$

$$\underline{\text{Caída Efectiva} = 415 \text{ mts.}}$$

2.3.2 FACTOR DE CARGA:

La hidroeléctrica principiará a funcionar con un 30% de Factor de Carga, o sea que el tiempo de trabajo es de:

$$24 \times 0.30 = 7.20 \text{ horas al día}$$

$$\underline{\text{Se asumen: 7 horas al día.}}$$

2.3.3. CAUDAL DIARIO DISPONIBLE:

En capítulos anteriores se estimó que el caudal del río de Las Vacas, del que se llegará a disponer en breve plazo, es de: 3.322 mts.³/seg. Debido a evaporaciones, filtraciones etc. se tomará como caudal disponible: Caudal = 3.00 mts.³/seg.

Por lo que el caudal diario sería:

$$3 \times 60 \times 60 \times 24 = 259,200 \text{ mts.}^3/\text{día.}$$

$$\underline{\text{Caudal diario} = 259,200 \text{ mts.}^3/\text{día}}$$

2.3.4 CAUDAL DURANTE LAS HORAS DE TRABAJO

El caudal disponible en metros cúbicos por segundo, durante las siete horas de trabajo, que inicialmente se consideran será:

$$\frac{259,200}{7 \times 60 \times 60} = 10.285 \text{ mts.}^3/\text{seg.}$$

$$\underline{\text{Caudal de trabajo} = 10.285 \text{ mts.}^3/\text{seg.}}$$

2.3.5. POTENCIA TEORICA:

$$PT = Q \times H \times 1,000 = \text{kgm.}/\text{seg.}$$

$$PT = 10.285 \times 415 \times 1,000$$

$$PT = 4,268,275 \text{ KGM.}/\text{seg.}$$

$$\text{en Kw: } \frac{PT = 4,268,275 \times 9.8}{1,000} = 41,829 \text{ KW}$$

$$1,000$$

2.3.7 POTENCIA EFECTIVA:

$$\text{Potencia Efectiva} = 0.77 \times 41,829 = 32,208 \text{ KW}$$

$$\underline{\text{Potencia Efectiva} = 32,208 \text{ KW}}$$

2.3.7 ENERGIA PRODUCIDA ANUALMENTE:

Durante el verano solo se trabajará 7 horas a l día, pero en la época lluviosa, al aumentar considerablemente el caudal del río, se podrá trabajar por lo me- nos 12 horas diariamente.

Si se considera que la Hidroeléctrica funciona- ra 12 horas durante 180 días, 7 horas durante los 185 días restantes; la Energía anual producida será:

$$7 \times 365 \times 32,208 = 82,291,440 \text{ KWH/año}$$

$$\text{incremento } (12 - 7) \times 180 \times 32,208 = \underline{28,987,200} \quad '' \quad ''$$

$$111,278,640 \text{ KWH/año}$$

$$\underline{\text{Energía Anual producida} = 111,278,640 \text{ KWH/año}}$$

2.3.8 ENERGIA DISPONIBLE ANUALMENTE:

La Municipalidad de Guatemala, según se ana- lizó, necesitará para sus plantas de bombeo de agua, la cantidad de: 43,131,616 KWH/año, por lo que la ener- gía disponible es:

$$\text{Energía Producida:} = 111,278,640 \text{ KWH/año}$$

$$\underline{\text{Energía Necesaria:} = 43,131,616} \quad '' \quad ''$$

$$68,147,024 \text{ KWH/año}$$

La energía eléctrica de que dispondrá la Municipalidad para la venta es de:

ENERGIA PARA VENTA = 68,147,024 KWH/año

2.4 PRESUPUESTO GENERAL

El presupuesto general de la "Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas", está basado en estimaciones, tanto de volúmenes de trabajo, como en los valores de materiales y equipo electro-mecánico.

Los presupuestos parciales se irán tomando en cuenta conforme el orden en que fueron descritos en el capítulo anterior.

2.4.1 PRESA DERIVADORA:

Altura = H = 10 mts.

Longitud = L = 100 mts.

Con un espesor promedio de: E = 5 mts., se obtiene un volúmen:

$$V = H \times L \times E = 10 \times 100 \times 5$$

$$\text{Volúmen Presa} = 5,000 \text{ mts.}^3$$

Estimando el valor del metro cúbico de concreto armado en Q80.00

$$\text{Valor Presa} = 5,000 \times 80.00$$

$$\underline{\text{Valor Presa} = \text{Q } 400,000}$$

2.4.2 DESARENADOR:

En este renglón se incluyeron los aleros que protegerán los cauces del río.

Valor Estimado = Q 100,000

2.4.3 CANAL:

Será revestido de concreto, para evitar erosiones y obtener una pendiente uniforme, Como se tomó una altura "H" del trapecio mayor que la calculada, se procederá a calcular ahora el lado "m" es decir la longitud de las paredes inclinadas del canal:

$$\text{Long. } m = \frac{1.55 \times 1.85}{1.34} = 2.12 \text{ mts.}$$

El espesor de las paredes y fondo del canal será de: 15 cm. y por consiguiente el volúmen de concreto, por metro lineal es de:

$$\begin{aligned} \text{Vol. /mt. l.} &= 0.15 (2.12 - 2.12 - 1.55) \\ &= 0.87 \text{ mts.}^3/\text{mt. lineal.} \end{aligned}$$

El volúmen de excavación en el canal, por metro lineal es de:

$$A = \frac{3 H^2}{3} = \frac{2 \times 3.42}{1.732} = 5.93 \text{ mts.}^2$$

Se tomará un volúmen igual a 6.00 mts.³/mt. l.

Valor estimado del metro cúbico de excavación = Q. 2.00

Valor estimado del metro cúbico de concreto armado = Q. 80.00

Valor excavación = $2 \times 6 =$ Q. 12.00 por mt. l.

Valor concreto = $80 \times 0.87 =$ Q. 69.60 por mt. l.

Valor del canal por metro lineal =
 $12.00 + 69.60 =$ Q. 81.60

Tomar: Q. 82.00 por mt. l.

Como la longitud del canal es de: 5,600 mts. l.

Valor total del canal = $5,600 \times 82 =$ Q. 459,200

Valor total Canal = Q. 460.000

2.4.4 TUNEL:

Será revestido de concreto, y con un espesor de 20 cms., por lo consiguiente el diámetro de excavación será:

$$D = 2.25 + 0.20 + 0.20 = 2.65 \text{ mts.}$$

Los volúmenes de trabajo serán:

$$\text{Volumen de excavación} = 0.785 \times 2.65^2$$

$$\text{Volumen de excavación} = 5.51 \text{ mts.}^3/\text{mt. l.}$$

$$\text{Volumen concreto} = 0.785 (2.65^2 - 2.25^2)$$

$$\text{Volumen concreto} = 1.54 \text{ mts.}^3/\text{mt. l.}$$

Como los túneles atraviesan macizos de roca, se tomarán los siguientes valores unitarios:

$$\text{Excavación} = Q. 10 \times \text{mt.} 3$$

$$\text{Concreto} = Q. 50 \times \text{mt.} 3$$

Valor del túnel por metro lineal:

$$\text{Excavación} = 5.51 \times 10 = 55.10 \text{ por mt. l.}$$

$$\text{Concreto} = 1.54 \times 50 = 77.00 \text{ por mt. l.}$$

$$\text{Valor túnel} = 55.10 + Q. 77.00 = Q. 132.10 \text{ por mt. l.}$$

Como la longitud de los túneles es de: 3,300 mts. lineales.

$$\text{Valor total túneles} = 3,300 \times 132.10$$

$$= Q. 435,930.00$$

$$\underline{\text{Valor total túneles} = Q. 440,000}$$

2.4.5 SIFON:

Del manual de Pont-a-Musson, para tubería de hierro dúctil y con un diámetro de 1.25 mts., el valor por mt. lineal es de: 500 francos. Con un cambio aproximado de 5.00 francos por un quetzal, da un valor de -- Q. 100.00 por cada metro lineal. Como la longitud de cada una de las tuberías es de aproximadamente 300 mts. y siendo tubería doble, la longitud total es de 600 mts.

$$\text{Valor de tuberías para Sifón} = 600 \times 100 = Q. 60,000$$

$$\text{Valor de instalaciones} = \underline{40,000}$$

$$Q. 100,000$$

$$\underline{\text{Valor Sifón} = \text{Q. } 100,000}$$

2.4.6 EMBALSE DE REGULACION:

Siendo las características del dique:

$$\text{Altura} = 20 \text{ mts.}$$

$$\text{Longitud} = 100 \text{ mts.}$$

$$\text{Espesor promedio estimado} = 10 \text{ mts.}$$

$$\text{Volúmen del dique} = 10 \times 20 \times 100 = 20,000 \text{ mts.}^3$$

$$\text{Valor estimado para el metro}^3 \text{ de concreto armado} = \text{Q. } 80$$

$$\underline{\text{Valor embalse de regulación} = \text{Q. } 1,600,000}$$

2.4.7 TUBERIA FORZADA:

Longitud de la tubería = 1,500 mts. lineales.

Por no contar con datos exactos, y siendo las características de esta Hidroeléctrica semejante a las de la "Hidroeléctrica Jurún-Marinalá", se tomarán, del informe de pre-inversión, los valores proporcionales de los renglones en estudio.

$$\underline{\text{Valor Tubería Forzada} = \text{Q. } 810,000}$$

2.4.8 CASA DE MAQUINAS:

Tomando en proporción del Proyecto Jurún-Marinalá:

$$\underline{\text{Valor Casa Máquinas} = \text{Q } 400,000}$$

2.4.9 EQUIPO ELECTRO-MECANICO:

Tomando en proporción del Proyecto Jurún-Mari
nalá:

Valor Equipo Electro-Mecánico = Q 1,000,000

2.4.10 CAMINOS:

Se consideran 20 kms, de caminos de acceso y control de canales, a un valor aproximado de Q.10,000 cada kilómetro.

Valor Caminos = Q. 200,000

2.4.11 LINEAS DE TRANSMISION:

Hay 24 kms. de distancia de los patios de transformación a la Sub-Estación del Norte (Empresa Eléctrica). De la Tesis de graduación del ahora Ingeniero Amadeo García, se tomó el valor por línea de transmisión = Q 7,000 por km.

Valor línea de Transmisión=
7,000 x 24 Q 168,000

Valor línea de Transmisión = Q 170,000

2.4.12 COMPUERTAS:

Valor estimado de Compuertas Q 120,000

2.4.13 PATIO DE TRANSFORMACION Y VIVIENDAS:

Valor estimado de Patio de Transformación y
Viviendas : Q 200,000 .

Caminos	200,000	-----	-----
Líneas de Transmisión	-----	-----	170,000
Compuertas	-----	-----	120,000
Patios de Transformación	-----	200,000	-----
Imprevistos	300,000	300,000	400,000
Totales	1,290,000	2,450,000	3,260,000

Resumen de Inversión Anual:

1er. año = Q. 1,290,000

2o. año = Q. 2,450,000

3er. año = Q. 3,260,000

Total: Q 7,000,000

2.5 ANALISIS DE LOS PAGOS MUNICIPALES POR CON-
CEPTO DE "ENERGIA ELECTRICA PARA PLANTAS DE
AGUA:

En el Departamento de Producción y Depuración, de la Dirección de Aguas de la Municipalidad de Guatemala, se obtuvo el dato de los pagos mensuales efectuados a la Empresa Eléctrica durante el año de 1966. Los cuadros siguientes proporcionan información sobre las tres plantas de mayor consumo de energía eléctrica que actualmente tiene la Municipalidad de Guatemala, en servicio.

2.5.1 PLANTAS ACTUALES:

a) PLANTA LA BRIGADA

Mes	Consumo KWH	Costo Q.	Costo unitario Q. /KWH
Enero	54,888	1,654.30	0.03.01
Febrero	53,206	1,529.00	2.87
Marzo	58,676	1,807.15	3.09
Abril	85,664	2,340.77	1.94
Mayo	64,244	1,938.35	3.02
Junio	82,566	2,367.09	2.87
Julio	90,630	2,526.99	2.78
Agosto	75,078	2,273.63	3.03
Septiembre	75,084	2,373.84	3.16
Octubre	73,844	2,102.61	2.84
Noviembre	67,540	2,004.19	2.96
Diciembre	68,804	2,023.98	2.94
Totales:	<u>850,224</u>	<u>24,941,90</u>	

b) PLANTA OJO DE AGUA

Enero	1,556,100	26,082.00	0.01.67
Febrero	1,507,800	25,502.40	1.69
Marzo	1,533,000	26,424.22	1.72
Abril	1,558,200	26,601.12	1.70
Mayo	1,520,400	26,404.56	1.73
Junio	1,495,200	25,814.88	1.73
Julio	1,375,500	24,321.02	1.76
Agosto	1,551,900	26,522.50	1.71
Septiembre	1,438,500	25,244.86	1.75
Octubre	1,411,200	24,835.36	1.76
Noviembre	1,388,100	24,547.07	1.76
Diciembre	1,388,100	24,753.46	1.78
Totales:	<u>17,724,000</u>	<u>307,053.45</u>	

c) PLANTA EL MOLINO

Mes	Consumo KWH	Costo Q	Costo Unitario Q./KWH
Enero	25,434	575.59	0.02.26
Febrero	22,224	543.56	2.44
Marzo	16,384	464.84	4.64
Abril	21,504	529.32	3.90
Mayo	18,162	434.69	2.94
Junio	27,136	675.20	2.48
Julio	23,586	649.37	2.75
Agosto	27,598	792.97	2.87
Septiembre	35,474	768.55	2.16
Octubre	35,788	966.47	2.70
Noviembre	27,736	849.57	3.06
Diciembre	27,746	831.39	2.99
	<u>308,772</u>	<u>8,081.52</u>	

d) COSTOS UNITARIOS EN CADA PLANTA DE BOMBEO

De los cuadros anteriores, se obtienen los costos unitarios por KWH, servido en cada planta de bombeo:

LA BRIGADA:

$$\text{Costo Unitario de KWH} = \frac{24,941.90}{850,224} = 2.93$$

$$\underline{\text{Costo Unitario en la Brigada} = \text{Q } 0.0293 \text{ por/KWH}}$$

OJO DE AGUA:

$$\text{Costo Unitario de KWH} = \frac{307,053.45}{17,724,000} = 1.73$$

Costo Unitario en el Ojo de Agua = Q 0.0173 por KWH

EL MOLINO:

$$\text{Costo Unitario de KWH} = \frac{8,081.52}{308,772} = 2.61$$

Costo Unitario en El Molino = Q 0,0261 por KWH

e) COSTO UNITARIO PROMEDIO:

El costo unitario promedio, es la suma de pagos totales, dividido por la suma total de KWH.

PAGOS:

La Brigada	24,941.90	Q/año
Ojo de Agua	307,053.45	"
El Molino	8,081.52	"

Total de pagos 340,076.87 Q/año

K.W.H. CONSUMIDOS:

La Brigada	850,224	KWH
Ojo de Agua	17,724,000	"
El Molino	308,772	"

18,882,996 KWH

$$\text{Costo Unitario Promedio} = \frac{340,076.87}{18,882,996} = 1.80$$

Costo Unitario Promedio = Q 0.01880 Q/KWH

f) PAGOS EFECTUADOS A LA EMPRESA ELECTRICA

El dato exacto de los pagos efectuados a la Empresa Eléctrica por la Municipalidad, en concepto de: "Energía Eléctrica para Plantas de Agua", en el año de 1966, fué de:

Enero	Q	28,584.36
Febrero		27,905.48
Marzo		29,043.54
Abril		29,769.81
Mayo		29,223.56
Junio		29,204.37
Julio		27,870.84
Agosto		29,935.41
Septiembre		28,749.77
Octubre		28,244.64
Noviembre		27,753.81
Diciembre		27,978.33

T o t a l Q 344,263.92

La diferencia de Q 4,187.05, que existe entre el pago real efectuado y el del dato que se tomó para sacar el costo unitario de KWH promedio, se debe a que únicamente se utilizaron los datos de las tres plantas de bombeo de agua de mayor consumo; no así las menores.

2.5.2 ESTIMACION DEL PAGO FUTURO

Para poder estimar el valor total anual de la energía eléctrica a ser usada en el futuro, en las plantas Municipales de bombeo de agua, se tiene el total de KWH necesarios en las plantas de bombeo de Agua actuales y futuras, y el costo unitario promedio de KWH actual:

43,131,616 x Q 0.0180

Valor total anual de energía a consumirse=
Q 776,369.08

Esta es la estimación anual de pagos que deberá hacer efectiva la Municipalidad de Guatemala a la Empresa Eléctrica por consumo de Energía Eléctrica en sus plantas de bombeo de agua, actuales y futuras, a un plazo menor de 10 años.

2.6 CONVENIO CON LA EMPRESA ELECTRICA SOBRE
LOS EXCEDENTES DE ENERGIA:

Dentro de los diferentes puntos de un posible convenio entre la Municipalidad y la Empresa Eléctrica, deberán contemplarse los siguientes:

- 1o. - El convenio debe contemplar un intercambio de energía eléctrica, entre la Empresa Eléctrica y la Municipalidad.
- 2o. - La Municipalidad pondrá la energía eléctrica en la Sub-Estación Norte, de la Empresa Eléctrica.
- 3o. - La Empresa Eléctrica aceptará toda la energía producida por la "Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas", durante el tiempo de trabajo de la misma.
- 4o. - La Empresa Eléctrica proporcionará a la Municipalidad, la energía necesaria para la operación de las Plantas Municipales de bombeo de agua.
- 5o. - La "Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas" se

operará integrada al sistema eléctrico nacional.

- 60.- Las tarifas de Cargos deberán ser estudiadas por una comisión mixta de la Empresa Eléctrica y la Municipalidad.
- 70.- Para resolver las posibles diferencias entre las tarifas, se pedirá al INDE que actúe como ter cero en discordia.

2.7 ANALISIS ECONOMICO DE LA OPERACION:

2.7.1 GASTOS DE OPERACION

Los gastos de operación y mantenimiento de la Hidroeléctrica, son los siguientes: (renglones estimados, tomando como base los correspondientes al Proyecto Jurún-Marinalá).

Interés	Q.	420,000
Depreciación		24,000
Seguro		35,000
Personal y Operación		150,000
Repuestos		67,000
		<hr/>
Total	Q.	696,000

Total anual de Gastos de Operación = Q 696,000

Para los valores anteriores se tomó:

Interés Se tomó el 6% anual sobre el monto total del valor del Proyecto.

Depreciación: Se calcula según el método de fondo perdido con un interés de 6% y una vida útil del proyecto de 50 años, lo que corresponde a una carga anual de 0.344% del costo total.

Seguro: Se tomó el 0.5% del costo total.

Personal y Operación: Estimado.

Repuestos: Es la suma del 2.5% del costo del equipo electro-mecánico y el 0.5% de las obras civiles.

2.7.2 COSTO DEL KWH PRODUCIDO:

El costo de KWH producido es el resultado de dividir el total anual de gastos de operación (Q 696,000) entre la producción anual de KWH.

$$\text{Costo KWH producido} = \frac{696,000}{111,000,000}$$

$$\underline{\text{Costo del KWH producido} = \text{Q } 0.00627}$$

2.73 COSTO DEL KW INSTALADO

El costo del KW instalado es el resultado de dividir la inversión total por la energía efectiva.

$$\text{Costo KW instalado} = \frac{7,000,000}{32,000}$$

Costo del KW instalado = Q 218

2.7.4

ANÁLISIS DE VENTAS

En el capítulo II: "Descripción del Proyecto" se calculó que la "Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas" se tendría una producción de 111 millones de KWH anuales, de los cuales la Municipalidad utilizaría 43 millones de KWH al año en "Energía para Plantas de Agua", quedando un saldo de 68 millones de KWH al año como energía disponible para la venta. Como el precio unitario del KWH fluctúa, dependiendo de la cantidad y hora en que se produzca el consumo, se estimará el precio de venta del KWH en Q0.01 como promedio. Con lo cual se obtendría un ingreso anual de:

$$68,000,000 \times 0.01 = Q 680,000$$

Para poder realizar la construcción de la Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas, la Municipalidad de Guatemala deberá gestionar un préstamo por valor de Q7,000,000 (siete millones de quetzales), que es el costo total del Proyecto. Este préstamo podrá amortizarse en un período de 20 años, en amortizaciones anuales a capital de 350,000 quetzales, según el cuadro que se formuló.

El cuadro está calculado considerando que:

- a) durante los años de construcción (3 años), solamente se pagarán los intereses correspondientes, no así amortizaciones a capital.
- b) La totalidad de capital necesario para cada año, se entrega al principio del año.

c) Las amortizaciones a capital y pago de interés, son al final del año.

El cuadro en referencia se formuló con las siguientes columnas:

I	Año
II	Inversión Anual
III	Inversión Acumulada
IV	SalDOS de Deuda
V	Costo de Operación
VI	Amortización a Capital
VII	Interés
VIII	Pago Municipal por Consumo de Energía
IX	Pago Total
X	Ingreso por Venta de Energía
XI	Déficit o Superávit
XII	Pago Municipal por Energía sin Hidroeléctrica.
XIII	Comparación de Egresos con Hidroeléctrica y sin Hidroeléctrica, en Superavit o Déficit.
XIV	Disponibilidad de fondos Acumulativos
XV	Fondo de Depreciación Acumulado.

I AÑO:

Año en que se realizan los ingresos y egresos.

II INVERSION ANUAL:

Tomado del programa de inversión. (2.4.14).

III INVERSION ACUMULADA:

Acumulación anual del dinero recibido

IV SALDOS DE DEUDAS :

Saldos anuales pendientes de pago después de efectuada la amortización anual a capital.

V COSTO DE OPERACION :

Tomado de los gastos de operación sin incluir los intereses.

VI AMORTIZACION A CAPITAL:

Amortizaciones anuales que deberán hacerse.

VII INTERES:

Interés anual que deberá pagarse de acuerdo con la inversión acumulada y los saldos de deuda.

VIII PAGO MUNICIPAL POR CONSUMO DE ENERGIA:

Pagos que deberá efectuar la Municipalidad al tener en funcionamiento todas sus plantas de bombeo de agua.

IX PAGO TOTAL:

Suma de Costos de Operación, Amortizaciones a capital, intereses y el pago municipal por consumo de Energía.

X INGRESO POR VENTA DE ENERGIA

Ingresos que percibirá la Municipalidad, por la venta de la energía disponible.

XI DEFICIT O SUPERA VIT:

Diferencia que existe entre el pago total y el ingreso por venta de energía.

XII PAGO MUNICIPAL POR ENERGIA SIN HIDROELECTRICA:

Pago que deberá efectuar la Municipalidad por consumo de Energía en sus plantas de bombeo de agua, al no contar con la Hidroeléctrica.

XIII COMPARACION DE EGRESOS CON HIDROELECTRICA Y SIN HIDROELECTRICA:

EN SUPERAVID O DEFICIT

Comparación de los egresos que tendrá la Municipalidad al tener Hidroeléctrica y al no contar con ella, (resta de columna XII menos XI).

XIV DISPONIBILIDAD DE FONDOS ACUMULATIVOS:

Acumulación Anual de los Déficit y los Superavit, apareciendo los déficit con signo negativo y los superavit con signo positivo.

XV FONDO DE DEPRECIACION ACUMULADA:

Fondos de depreciación anual acumulados de los gastos de operación.

RESUMEN GENERAL

I AÑO	II INVERSION ANUAL	III INVERSION ACUMULADA	IV SALDOS DEUDA	V COSTO DE OPERACION	VI ANUALIDAD		VII INTERES	VIII PAGO MUNICIPAL POR ENERGIA	(Y) PA
					AMORTIZACION				
1	1,290,000	1,290,000					77,400	776,000	
2	2,450,000	3,740,000					224,000	776,000	1.
3	3,260,000	7,000,000					420,000	776,000	1,
4			7,000,000	276,000	350,000		420,000		1,
5			6,650,000	276,000	350,000		399,000		1,
6			6,300,000	276,000	350,000		378,000		1,
7			5,950,000	276,000	350,000		357,000		
8			5,600,000	276,000	350,000		336,000		
9			5,250,000	276,000	350,000		315,000		
10			4,900,000	276,000	350,000		294,000		
11			4,550,000	276,000	350,000		273,000		
12			4,200,000	276,000	350,000		252,000		
13			3,850,000	276,000	350,000		231,000		
14			3,500,000	276,000	350,000		210,000		
15			3,150,000	276,000	350,000		189,000		
16			2,800,000	276,000	350,000		168,000		
17			2,450,000	276,000	350,000		147,000		
18			2,100,000	276,000	350,000		126,000		
19			1,750,000	276,000	350,000		105,000		
20			1,400,000	276,000	350,000		84,000		
21			1,050,000	276,000	350,000		63,000		
22			700,000	276,000	350,000		42,000		
23			350,000	276,000	350,000		21,000		
24				276,000					

RESUMEN GENERAL DE INGRESOS Y EGRESOS

IX (I+II+III)	X	XI (X-IX)	XII	XIII (XII-IX)	XIV XII Acumulado	XV	
INGRESO TOTAL	INGRESO VENTA ENERGIA	DEFICIT (D) SUPERAVIT (S)	PAGO MPAL POR ENERGIA SIN HIDRO	COMPARACION DE EGRESOS CON Y SIN HI. ROELECTRICA	DISPONIBILIDAD DE FONDOS	FONDO DE DEPRECIACION ACUMULADO	OBSERVACIONES
853,400		D 853,400	776,000	D 77,400	- 77,400		Años de gracia
1,000,000		D 1,000,000	776,000	D 224,000	- 301,400		para
1,196,000		D 1,196,000	776,000	D 420,000	- 721,400		Amortización
1,046,000	680,000	D 366,000	776,000	S 410,000	- 311,400	24,000	Empieza Amortiza
1,025,000	680,000	D 345,000	776,000	S 431,000	+ 119,600	48,000	ción a Capital y
1,004,000	680,000	D 324,000	776,000	S 452,000	+ 571,600	72,000	principia la O-
983,000	680,000	D 303,000	776,000	S 473,000	+ 1,044,600	96,000	peración de la
962,000	680,000	D 282,000	776,000	S 494,000	+ 1,538,600	120,000	Hidroelectrica
941,000	680,000	D 261,000	776,000	S 515,000	+ 2,053,600	144,000	
920,000	680,000	D 240,000	776,000	S 536,000	+ 2,589,600	168,000	
899,000	680,000	D 219,000	776,000	S 557,000	+ 3,146,600	192,000	
878,000	680,000	D 198,000	776,000	S 578,000	+ 3,724,600	216,000	
857,000	680,000	D 177,000	776,000	S 599,000	+ 4,323,600	240,000	
836,000	680,000	D 156,000	776,000	S 620,000	+ 4,943,600	264,000	
815,000	680,000	D 135,000	776,000	S 641,000	+ 5,584,600	288,000	
794,000	680,000	D 114,000	776,000	S 662,000	+ 6,246,600	312,000	
773,000	680,000	D 93,000	776,000	S 683,000	+ 6,929,600	336,000	
752,000	680,000	D 72,000	776,000	S 704,000	+ 7,633,600	360,000	
731,000	680,000	D 51,000	776,000	S 725,000	+ 8,358,600	384,000	
710,000	680,000	D 30,000	776,000	S 746,000	+ 9,104,600	408,000	
689,000	680,000	D 9,000	776,000	S 767,000	+ 9,871,600	432,000	
668,000	680,000	S 12,000	776,000	S 788,000	+ 10,659,600	456,000	
647,000	680,000	S 33,000	776,000	S 809,000	+ 11,468,600	480,000	
626,000	680,000	S 404,000	776,000	S 1,180,000	+ 12,648,600	504,000	

HIDROELECTRICA MUNICIPAL

"LAS VACAS"

RESUMEN GENERAL DE INGRESOS Y EGRESOS

TESIS DE GRADUACION DE Fernando Leon Pineda

40. - Que la Municipalidad de Guatemala, solicite un préstamo para iniciar los estudios de Pre-Inversión de la Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas.

Fernando León Pineda

Vo.Bo.

(f) Ingeniero Kenneth Toppe Matheu
A s e s o r

IMPRIMASE:

Ingeniero Amando Vides Tobar
D e c a n o .

2.9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

2.9.1 CONCLUSIONES:

- 1o. - La construcción de la Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas, es factible desde un punto de vista de Ingeniería, pues no presenta ningún problema insalvable.
- 2o. - El Proyecto es económicamente factible y el capital invertido es recuperable lo mismo que los intereses presentando además un fuerte renglón de ganancias.
- 3o. - La construcción de la Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas representa para la Municipalidad de Guatemala, la solución de obtener energía eléctrica a bajo costo.

2.9.2 RECOMENDACIONES:

- 1o. - Que la Municipalidad de Guatemala, inicié inmediatamente, el control de agua servida en cada zona que drenan los grandes colectores, y afore la salida de los mismos para obtener el porcentaje que resurge en los drenajes.
- 2o. - Colocar una estación de aforo en el lugar propuesto para la presa derivadora, con el objeto de controlar exactamente el caudal del río de Las Vacas.
- 3o. - Que se continúe la construcción de los grandes colectores y su red de drenaje superficial.

truír o contratar para si la construcción de nuevas plantas eléctricas para servicio público. De lo anterior se deduce, que la Municipalidad, previa audiencia al INDE, puede realizar la construcción de la Hidroeléctrica en el río de Las Vacas.

A continuación se dan las razones por las que se cree que deba ser la Municipalidad de Guatemala, la que realice la construcción.

- 1o. - Al introducir nuevas fuentes de agua, la Municipalidad seguirá incrementando el caudal del río, que a su vez incrementará la potencia disponible en la Hidroeléctrica.
- 2o. - La Municipalidad por medio de sus drenajes, colecta las aguas de la ciudad y las encauza hacia el río de Las Vacas a sus afluentes, formando así el caudal base necesario.
- 3o. - La Municipalidad, siguiendo su plan de saneamiento de la ciudad, construye actualmente nuevas redes de drenaje, que incrementarán el caudal del río.
- 4o. - La Municipalidad tiene actualmente un fuerte consumo de energía eléctrica en sus plantas de bombeo de agua y con la realización de los nuevos proyectos, seguirá en aumento el consumo de energía.
- 5o. Finalmente la Municipalidad necesita para poder proveer de agua potable a la ciudad, crear una fuente de energía eléctrica a bajo costo, y hemos visto que compra el KWH en Q0.018 y al producir su propia energía el costo del KWH será de Q 0.0062.

Ley en que están basados.

El INDE, tiene derechos de propiedad y preferencia sobre las aguas del río de Las Vacas, basado en la Ley de Creación del Instituto Nacional de Electrificación, que en el artículo 34 dice: "El Patrimonio del INDE, se integrará: "Inciso C "Con todas las fuentes de energía hidráulica que haya en la República, sobre las cuales no tengan derechos adquiridos otras empresas eléctricas. Quedan a salvo los derechos de los particulares de conformidad con el párrafo 3o. del Artículo 131 de la Constitución de la República y las que están incluidas en proyectos de pequeñas Hidroeléctricas, propiedad de las Municipalidades, que no estén contempladas dentro del plan general de electrificación del país". El derecho de preferencia se lo da el artículo 42 de la misma Ley, que dice: "Con la limitación contenida en el Inciso (C) del artículo 34 de esta Ley, el INDE gozará de derecho preferencial para el uso de las fuentes de energía hidráulica existentes en la República, y sobre las cuales no tengan adquiridos otras empresas eléctricas o municipales o de propiedad privada. De toda gestión que se haga en relación al uso de fuentes de energía hidráulica, deberá darse audiencia al INDE. Quedan a salvo los derechos a que se refieren los párrafos 2o. y 3o. del artículo 131 de la Constitución de la República". En base de los artículos anteriores, el INDE podría hacer uso de las aguas del río de Las Vacas, si estas estuvieran contempladas dentro del plan general de electrificación del país.

La Municipalidad de Guatemala, puede realizar la construcción de la Hidroeléctrica Municipal de Las Vacas, basándose en la misma Ley de Creación del INDE, pues dicha Ley en su artículo 56, dice: "Unicamente el INDE y las Municipalidades, podrán cons

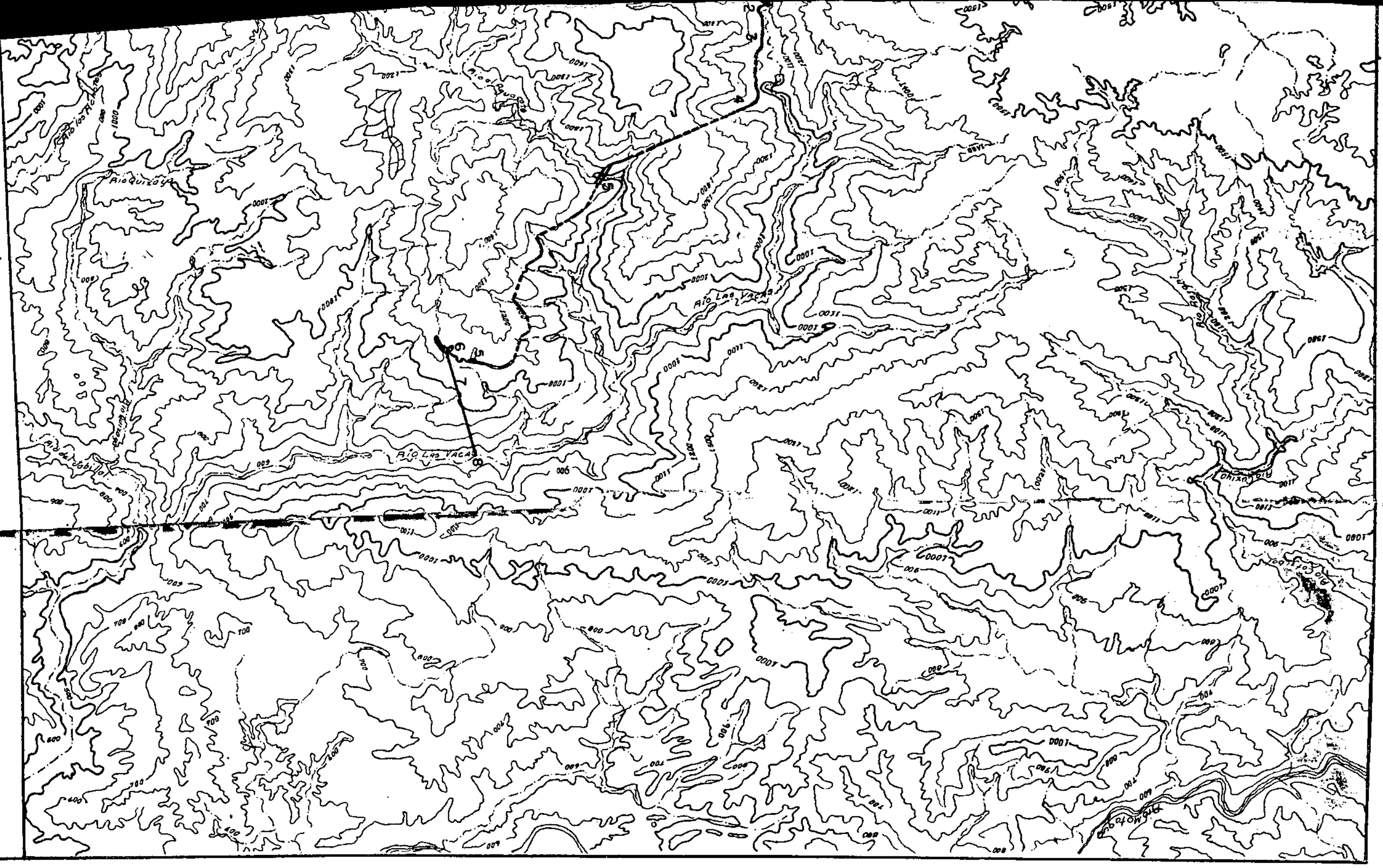
Del cuadro anterior se desprenden las siguientes observaciones:

- 1o. - Al comparar los ingresos por venta de energía, con el pago total se observa que hasta el año 22 empieza a producir utilidades. Y en el año 24 es decir cuando se ha cancelado totalmente el préstamo las utilidades ascienden a Q 404,000 anuales.
- 2o. - En la columna de déficit o superavit se observa, que al entrar en funcionamiento la Hidroeléctrica el déficit es bastante menor que los pagos que se efectuarían por consumo de energía eléctrica.
- 3o. - En la columna de comparación de egresos se observa que al llegar el año 24 de funcionamiento de la Hidroeléctrica, se obtiene un superávit de Q 1,180,000 el que deberá computarse como pérdida futura anual al no construirse la Hidroeléctrica.
- 4o. - En la columna de disponibilidad de fondos se observa que en 23 años de trabajo existe una diferencia de Q 11,468,600, al no construirse la Hidroeléctrica, los cuales también deberán computarse como pérdida para la Municipalidad.

2.8 CONSIDERACIONES LEGALES:

El Instituto Nacional de Electrificación (INDE), tiene ciertos derechos sobre las aguas del río de Las Vacas. Se analizarán cada uno de esos derechos y la

MUESTRA LA HIDRO-ELECTRICA
SIPAL DE LAS VACAS



BIBLIOGRAFIA

GOMEZ NAVARRO, José Luis y José Juan Aracil,
Saltos de Agua y Presas de Embalse, Madrid
1964.

ELECTRO-WATT:

Proyecto Jurún-Marinalá, Informe de Pre-In
versión, Septiembre 1964.

ACRES INTERNATIONAL LIMITED:

Proyecto Los Esclavos, Informe de Factibi-
lidad, Noviembre 1962.

MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA:

Dirección de Aguas y Drenajes
Proyecto Hincapié, Marzo 1966

INDE :

Ley de Creación del "Instituto Nacional de E-
lectrificación" sus Reformas, Junio 1959.

MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA:

Sección de Estudios de Agua,
Informe de Labores, Agosto 1959-Junio 1962.

MUNICIPALIDAD DE GUATEMALA:

Dirección de Aguas y Drenajes
Archivos.

GARCIA ZEPEDA, AMADEO:

Construcción de Líneas Eléctricas, Noviembre
de 1966.

