

5  
2e



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROYECTO DE OPERACION DE UNA PLANTA  
PRODUCTORA DE YESO, TILZAYESI, SOCIEDAD  
DE SOLIDARIDAD SOCIAL; TILZAPOTLA,  
MORELOS.

## T E S I S

Q U E P R E S E N T A :

**ALMA DELIA VALDEZ HERRERA**

PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO DE MINAS Y  
METALURGISTA**

ASESOR: ING. MAURICIO MAZARI HIRIART.



MEXICO, D. F.

1998.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

25-9813



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-056

**SRITA. ALMA DELIA VALDEZ HERRERA**  
**Presente**

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Mauricio Mazarí Hiriart y que aprobó esta Dirección para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de Ingeniero de Minas y Metalurgista :

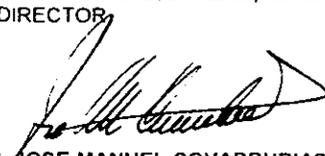
**PROYECTO DE OPERACIÓN DE UNA PLANTA PROCESADORA DE YESO, TILZAYESI,  
SOCIEDAD DE SOLIDARIDAD SOCIAL ; TILZAPOTLA, MORELOS**

	<b>INTRODUCCION</b>
<b>I</b>	<b>GENERALIDADES</b>
<b>II</b>	<b>ASPECTOS GEOLOGICOS</b>
<b>III</b>	<b>SISTEMA DE MINADO</b>
<b>IV</b>	<b>SISTEMA DE BENEFICIO</b>
<b>V</b>	<b>ANALISIS FINANCIERO</b>
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Ciudad Universitaria, a 1 de septiembre de 1997  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS\*RLR\*glg.

**PROYECTO DE OPERACION DE UNA  
PLANTA PRODUCTORA DE YESO,  
TILZAYESI, SOCIEDAD DE  
SOLIDARIDAD SOCIAL; TILZAPOTLA,  
MORELOS.**

A mi esposo Victor Manuel Sánchez Granados porque te amo, porque tú siempre existes dondequiera, pero existes mejor donde te quiero.

A mis papás Lucy y Armando con amor y gratitud, mis logros también son suyos.

A mis hermanos y sobrinos por su sonrisa y alegría.

A mis tíos por todo su cariño, apoyo y mucho más. En especial a mi tía Soco.

A mis amigos por la gran amistad que nos une.

# INDICE.

<b>Introducción.</b>	1
<b>I. Generalidades.</b>	
I.1. Localización.	5
I.2. Vías de comunicación.	5
I.3. Población.	5
I.4. Educación, Salud y Vivienda.	7
I.5. Clima, Flora y Fauna.	7
I.6. Hidrografía y Orografía.	7
I.7. Datos Socioeconómicos.	8
<b>II. Aspectos Geológicos.</b>	
II.1. Introducción.	9
II.2. Localización y Geomorfología.	10
II.3. Estratigrafía.	11
II.4. Geología Estructural.	20
II.5. Geología Histórica.	22
II.6. Geología Económica.	22
II.7. Reservas.	23
<b>III. Sistema de Minado.</b>	
III.1. Aspectos Generales.	27
III.2. Características del Yacimiento.	28
III.3. Sistema de Explotación.	28
III.3.1. Barrenación y Voladura.	30
III.3.2. Equipo de Cargado.	31
III.3.3. Diseño del Tajo y de la Plantilla de Barrenación.	32
III.4. Costos de Operación.	39
<b>IV. Sistema de Beneficio.</b>	
IV.1. Antecedentes.	40
IV.2. Distribución de la Planta.	40

IV.3. Sistema de Beneficio.	44
IV.3.1. Calcinado.	44
IV.3.2. Enfriamiento.	45
IV.3.3. Picado.	46
IV.3.4. Molienda.	46
IV.3.5. Envasado.	46
IV.3.6. Producción y Almacenamiento.	47
IV.4. Mercadotecnia.	47
IV.5. Formatos.	54
IV.6. Costos de producción.	54
<b>V. Análisis Financiero.</b>	
V.1. Introducción.	56
V.2. Distribución del Capital de Inversión.	56
V.2.1. Capital Social y Financiero.	57
V.3. Gastos Administrativos y Costos de Producción.	58
V.4. Estimación de la Producción Anual de Yeso y Análisis de los Ingresos Anuales.	59
V.5. Depreciación.	60
V.6. Análisis Financiero.	61
V.7. Análisis de Sensibilidad.	63
<b>VI. Conclusiones y Recomendaciones.</b>	
VI.1. Conclusiones.	65
VI.2. Recomendaciones.	65
<b>BIBLIOGRAFIA.</b>	67
<b>ANEXOS.</b>	
ANEXO 1 Fotografías de la Planta Procesadora y del Tajo Coaxitlán	
ANEXO 2 Formatos.	
ANEXO 3 Organigrama.	
ANEXO 4 Inventario.	

## INTRODUCCION.

La Procesadora de Yeso Tilzayesi, Sociedad de Solidaridad Social, se ubica en el municipio de Tilzapotla, Morelos; es una empresa que se formó con la participación de 13 socios en enero de 1994. Inicialmente se adquirió el predio con una superficie de terreno de una hectárea aproximadamente, bajo régimen de tenencia ejidal.

Es importante resaltar que el Tajo Coaxitlán no es propiedad de la Sociedad de Solidaridad Social, Tilzayesi; únicamente esta les compra la materia prima, de modo que los costos de explotación son nulos para la procesadora.

Como una aportación de la Planta Procesadora al resto del ejido se hizo un estudio generalizado del Tajo Coaxitlán con la finalidad de proporcionar datos necesarios para desarrollar un sistema de explotación adecuado al tajo, además de elevar la producción y productividad en el mismo.

El propósito de la empresa es el de crear fuentes de empleo permanentes en el municipio y en segundo término producir yeso que se comercializaría en el Distrito Federal y área metropolitana.

Para la explotación y procesamiento del yeso, se cuenta con el siguiente equipo:

- a).- Un molino de martillos.
- b).- Un inyector de aire.
- c).- Tres quemadores.
- d).- Dos tanques para almacenamiento de combustible.
- e).- Dos tanques de gas.
- f).- Un tanque precalentador de diesel.
- g).- Un tinaco para almacenar agua.
- h).- Una báscula con capacidad para 120 kilogramos.
- i).- Seis hornos para calcinación.

Con este equipo se producen actualmente 500 toneladas mensuales de yeso envasado.

El objetivo del presente trabajo, consiste en efectuar el estudio de viabilidad financiero de operación de la "Planta Procesadora de Yeso Tilzayesi, Sociedad de Solidaridad Social", tomando en cuenta los recursos y equipo con que cuenta la misma, de esta manera plantear las alternativas que permitan mejorar la situación

competitiva, alcanzar la meta de producción de 900 toneladas mensuales de yeso y que los empleos resulten seguros y permanentes.

La situación actual de la planta es la siguiente:

En cuanto a la organización de la empresa cabe destacar que actualmente la comunicación entre los socios es pobre y no se cuenta con una administración adecuada, lo que conduce a un mal manejo del préstamo y de la empresa. Existe un deterioro avanzado en los equipos por lo que es necesario programar un mantenimiento correctivo; se tienen obras civiles inconclusas en oficinas, baños y almacenes; los hornos, piletas y techos en el área de producción necesitan una reparación inmediata

La falta de insumos (diesel, mangueras, rieles, gas, roca, entre otros) retrasa la producción llegando incluso al paro total de la misma.

Las fallas en el sistema eléctrico interrumpen la labor, acrecientan el deterioro de los equipos eléctricos (molino y motor) y entorpecen la producción.

El peso incorrecto del yeso debido al mal funcionamiento de la báscula, no permite llevar un control de calidad en el llenado de los costales.

No se tiene una idea clara del proceso del yeso lo que favorece el que haya fallas en el cargado y calcinado y por último la producción actual de 500 toneladas mensuales no satisface la demanda establecida, provocando incumplimiento hacia los clientes con marcada frecuencia.

Teniendo una visión clara de las áreas a corregir se propone entonces en primer término instaurar un programa de capacitación que cubrirá los siguientes puntos:

- 1.- Administración.
  - a) Organigrama de la empresa.
  - b) Descripción de puestos.
  - c) Manual de organización y métodos.
  - d) Trámites legales administrativos.

## 2.- Contabilidad.

- a) Sistema de contabilidad.
- b) Catálogo de ventas.
- c) Sistema de evaluación de rendimientos.
- d) Obligaciones fiscales.
- e) Sistema de costos.
- f) Control de almacén e inventarios.
- g) Control de vehículos.
- h) Contratación y control de seguros y fianzas.

## 3.- Producción.

- a) Eficientar el proceso en sus siete etapas: recepción y preparación de materia prima, carga de horno, calcinación, picado de yeso calcinado, área de molienda, envasado y almacenaje.
- b) Elevar la productividad.
- c) Métodos y programas de trabajo.
- d) Programa de mantenimiento.

## 4.- Mercadotecnia.

- a) Política de ventas y cobranzas.
- b) Programa de ventas.
- c) Sistema de control de ventas.
- d) Estadísticas.

En segundo término, se programará la adecuación de los inmuebles en oficinas y baño, así como la reparación de los hornos caídos, del bordo de seguridad para tanques de gas y diesel, de la pileta para el agua y de los techos en el área de producción.

Se dará mantenimiento correctivo al sistema eléctrico, molino de martillos y motores.

Se instalará un sistema de alumbrado en los patios de alimentación, calcinado, picado, molienda y almacenes.

Es necesario la ampliación en los patios de almacenamiento de roca, picado y de producto terminado.

Además de estas reparaciones se propone la construcción de las obras siguientes: una bodega para herramientas, papelería, y para insumos de producción (costales, hilo, etc.), un comedor y baño completo y un sistema de drenaje.

Por último se llevará a cabo un estudio de mercado en el área local y foránea para conocer las necesidades y posibilidades de comercialización para crear metas de producción y contar con existencia suficiente en bodega.

## **CAPITULO I. Generalidades.**

### **I.1. Localización.**

El municipio de Tilzapotla, Morelos (figura 1), se ubica geográficamente entre los paralelos 18° 36' de latitud Norte y los 99° 17' de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, a una altura media de 906 metros sobre el nivel del mar. Tiene una superficie de 299,172 kilómetros cuadrados, cifra que representa el 6.03 por ciento del total del estado. Limita al norte con Miacatlán y Xochitepec; al sur con el estado de Guerrero; al este con Zacatepec y Jojutla; al noroeste con Tlaltizapán; al sureste con Tlaquiltenango y al oeste con Amacuzac y Mazatepec.

La localidad de Tilzapotla, es un punto de gran importancia por su proximidad a las ciudades de México, Cuernavaca, Cuautla, Jojutla de Juárez, Zacatepec, Iguala y Taxco. Asimismo, su cercanía al sistema ferroviario, le da una situación privilegiada en cuanto a posibilidades de transporte barato para comercialización.

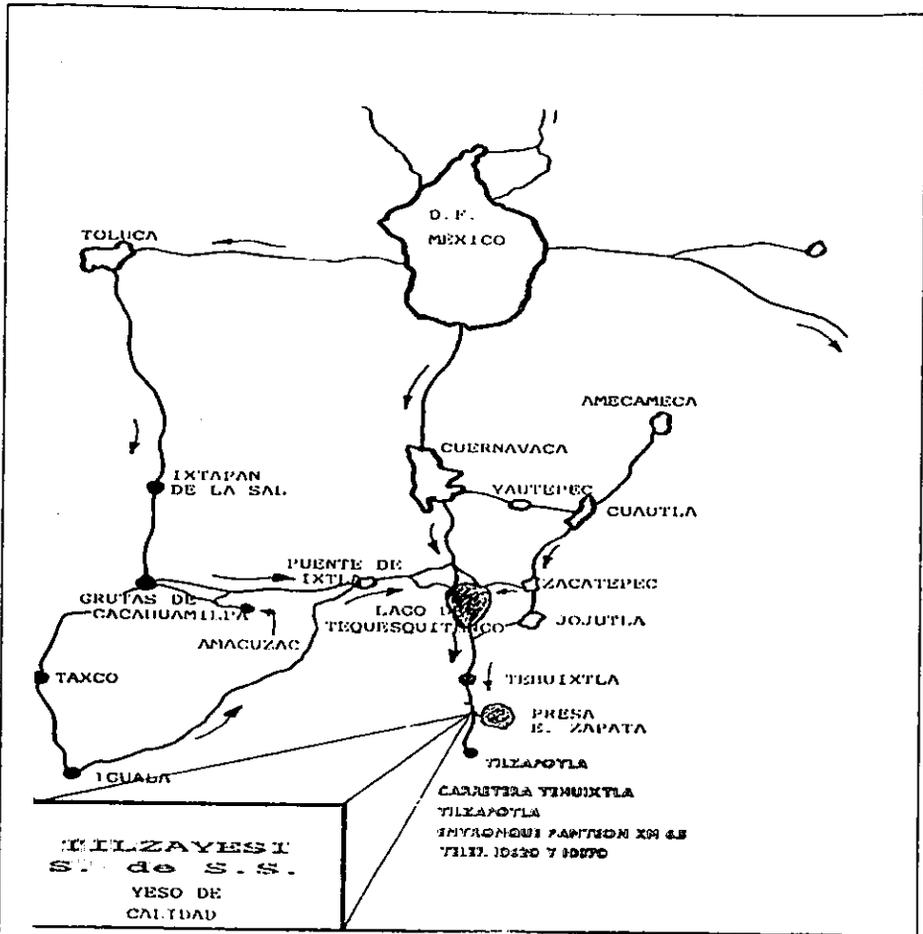
### **I.2. Vías de comunicación.**

El municipio está integrado por una red carretera, siendo las principales vías: carretera de cuota México-Acapulco en su tramo Cuernavaca-Iguala, carretera federal México-Acapulco, vía Taxco; carreteras estatales Cuernavaca-Jojutla-Xoxocotla-Tequesquitengo-Tehuixtla, Puente de Ixtla-Jojutla y Puente de Ixtla-Tehuixtla-Tilzapotla; asimismo cuenta con carreteras vecinales que unen a la cabecera con las principales localidades del municipio.

En cuanto a comunicaciones, Tilzapotla recibe tanto correo, como señales de teléfono, telégrafo, radio, televisión y telefonía rural de satélite.

### **I.3. Población.**

Las proyecciones realizadas por el Consejo Estatal de Población señalan que en 1985 la población ascendió a 41,178 habitantes y que para el año 2000 se espera una población de 65,729 habitantes.



U N A M	Facultad de Ingeniería
Alma Delia Valdez Herrera	Croquis de localización
Tesis Profesional	Figura 1

#### **I.4. Educación, Salud y Vivienda.**

En el municipio existe la infraestructura adecuada para impartir educación en los niveles: preescolar, primaria, secundaria, preparatoria y bachillerato técnico agropecuario, y además se imparten cursos de educación para adultos.

Los servicios médicos se prestan a través de centros de salud existentes en Xoxocotla, San José Vista Hermosa, Tilzapotla, y un hospital de primer nivel en la cabecera municipal.

El tipo de vivienda es unifamiliar de una sola planta, con patio o huerta anexa. Los materiales utilizados en la construcción son piedra, adobe, tabique, tabicón y teja.

#### **I.5. Clima, Flora y Fauna.**

La región cuenta con un clima semiseco cálido con invierno poco definido, con mayor sequía a finales de otoño, invierno y principios de primavera y que registra una temperatura media anual de 25 °C, con una precipitación anual de 930 milímetros. Las lluvias se presentan en los meses de mayo y septiembre.

La flora está constituida principalmente por: selva baja caducifolia de clima cálido, con algunos ejemplos de especímenes vegetales, se incluyen: la jacaranda, el tabachín, el casahuate, la ceiba y la bugambilia.

La fauna la constituyen: venado cola blanca, jabalí de collar, mapache, tejón, zorrillo, armadillo, liebre, conejo común, coyote, gato montés, comadreja, cacomixtle, tlacuache, murciélago, pájaro bandera, chachalaca, urraca copetona, zopilote, aura, lechuza y aves canoras y de ornato.

#### **I.6. Hidrografía y Orografía.**

Los ríos más importantes de la región son el Apatlaco y el Amacuzac que atraviesan este municipio, además de contar con la laguna de Tequesquitengo. Los lomeríos, como los de Xoxocotla y San José Vista Hermosa, hacen destacar al municipio. En la zona norte, se encuentran los Cerros de Zacatal con una altura de 1,200 metros, y hacia el sur se encuentran los cerros del Mezquite con 1,500 metros, prolongándose hasta el Cerro de Tilzapotla o Cerro Frío, que alcanza

una altura de 2,260 metros. La Sierra de San Gabriel sirve de límite entre los estados de Guerrero y Morelos.

### **1.7. Datos Socioeconómicos.**

La economía de la zona se basa esencialmente en la agricultura, produciéndose caña de azúcar, arroz, sorgo, cebolla, jitomate, maíz, frijol, cacahuete, mango, aguacate, guayaba, zapote prieto y mamey. Es importante resaltar los viveros de plantas y flores de ornato. Dentro de su producción ganadera figuran la cria de ganado bovino, caprino, caballar y ovino, mientras que la avicultura se explota por medio de granjas.

Turismo. Los atractivos culturales y naturales de mayor afluencia turística de Tilzapotla son: las Haciendas de San José y la de San Gabriel; la Laguna de Tequesquitengo, siendo la más grande e importante del estado, y que cuenta con casi cinco kilómetros de diámetro, haciendo posible la práctica del esquí acuático, el remo y el paseo en lanchas de motor. Los balnearios Hacienda Vista Hermosa, Hotel Posada Tehuixtla, La Rivera y la Fundación son también muy frecuentados.

## **CAPITULO II. Aspectos Geológicos.**

### **II.1. Introducción.**

El nombre del yeso procede del griego "Gypsos". Es la forma mineral del sulfato de calcio hidratado de fórmula  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ . El yeso está muy distribuido en la corteza terrestre y se presenta en varias formas, asociaciones y colores, la mayoría de los yacimientos de yeso se presentan estrechamente asociados con estratos de anhidrita o masas diseminadas de este mismo material, lo que sugiere el problema del origen geológico y la posible transformación de una forma en la otra después de formado el depósito.

Las impurezas que se observan en el material suelen ser: arcilla, materia orgánica, inclusiones de grano de arena y sulfuros, entre otros.

La composición promedio del sulfato de calcio hidratado es la siguiente:

Trióxido de azufre	46.60%
Cal	32.50%
Agua	20.90%

En las condiciones naturales, el yeso se forma por distintas vías.

1) En masas considerables se deposita por vía sedimentaria en el fondo de lagos salados y en los mares que van secando. El yeso, al igual que la halita ( $\text{NaCl}$ ), sólo puede desprenderse en las fases iniciales de la evaporación, cuando no es todavía muy alta la concentración de las demás sales disueltas según el principio de Usiglio. Así cuando dicha concentración llega a un nivel determinado, en particular tratándose de  $\text{NaCl}$  y  $\text{MgCl}_2$ , en lugar del yeso se forman cristales de anhidrita y luego otras sales más solubles.

Se presenta en cinco variedades principales:

a) Selenita.- Se presenta cristalizado, formando láminas transparentes y semiflexibles con planos de estructura bien marcados.

b) Fibroso.- Se presenta satinado, de estructura fibrosa con lustre sedoso.

c) Yeso de roca.- Es una variedad de composición sólida de grano más fino que el del alabastro.

d) Alabastro.- Es compacto, generalmente blanco de grano muy fino a veces con tintes muy suaves de diferentes colores.

e) Gypsita.- Formación suave que cuando se presenta en forma impura, es terrosa e inconsistente y ligeramente consolidada.

2) Masas muy considerables de yeso se forman como consecuencia de la hidratación de la anhidrita en los depósitos sedimentarios bajo el efecto de las aguas superficiales, en un ambiente de baja presión exterior

3) En las regiones desérticas y semidesérticas es muy frecuente la presencia de yeso en filones y nódulos en la corteza de meteorización de las rocas de distinta composición.

Suele formarse también en las calizas bajo el efecto de las aguas enriquecidas con ácido sulfúrico o sulfatos disueltos en ellas. La adición de ácido sulfúrico al agua aumenta sensiblemente la solubilidad del yeso y por ello, en varios yacimientos este mineral suele ser más común en la parte superior de las zonas menos primarias, en cuyas fisuras se encuentra asociado con otros sulfatos.

4) El yeso es relativamente raro como mineral hidrotermal, típico en los yacimientos de sulfuros formados a bajas temperaturas y presiones. En dichos yacimientos se observan, a veces, bajo la forma de grandes cristales en las cavidades y contiene inclusiones de calcopirita, pirita, esfalerita, entre otras.

## **II.2. Localización y Geomorfología.**

El pueblo de Tilzapotla se localiza en el sur del Estado de Morelos dentro de la Provincia de la Sierra Madre del Sur, que cubre la porción central y suroeste del estado. Limita al norte y al oriente con el Eje Neovolcánico Transmexicano.

Por la estratigrafía presente se sabe que en esta provincia afloran las rocas más antiguas de Morelos, que son las del Cretácico Inferior, mismas que están litológicamente clasificadas como calizas de ambiente marino.

Según se aprecia en las figuras 2 y 3, la Cuenca de Morelos Guerrero está rodeada en sus porciones E-W y sur por la Sierra Madre del Sur, y al norte por el Eje Neovolcánico. Es atravesada de este a oeste por la gran Cuenca del Río Balsas-Mexcala que está limitada al sur por el parte-aguas de la Sierra de Guerrero y al norte por la pendiente sur del Eje Neovolcánico.

Los rasgos geomorfológicos existentes en la Cuenca son variados. Las rocas marinas presentan una topografía controlada por una serie de estructuras alargadas, con orientación norte-sur o noroeste-sureste, en donde las sierras se corresponden con pliegues anticlinales y los valles con sinclinales.

En las sierras de constitución calcárea, la topografía es de aspecto redondeado característico de la etapa de madurez del ciclo de erosión. El paisaje cárstico está definido por la presencia de innumerables dolinas que en algunas ocasiones llegan a constituir grandes depósitos naturales de agua como el lago de Tuxpan, situado al noroeste de la Ciudad de Iguala, Guerrero.

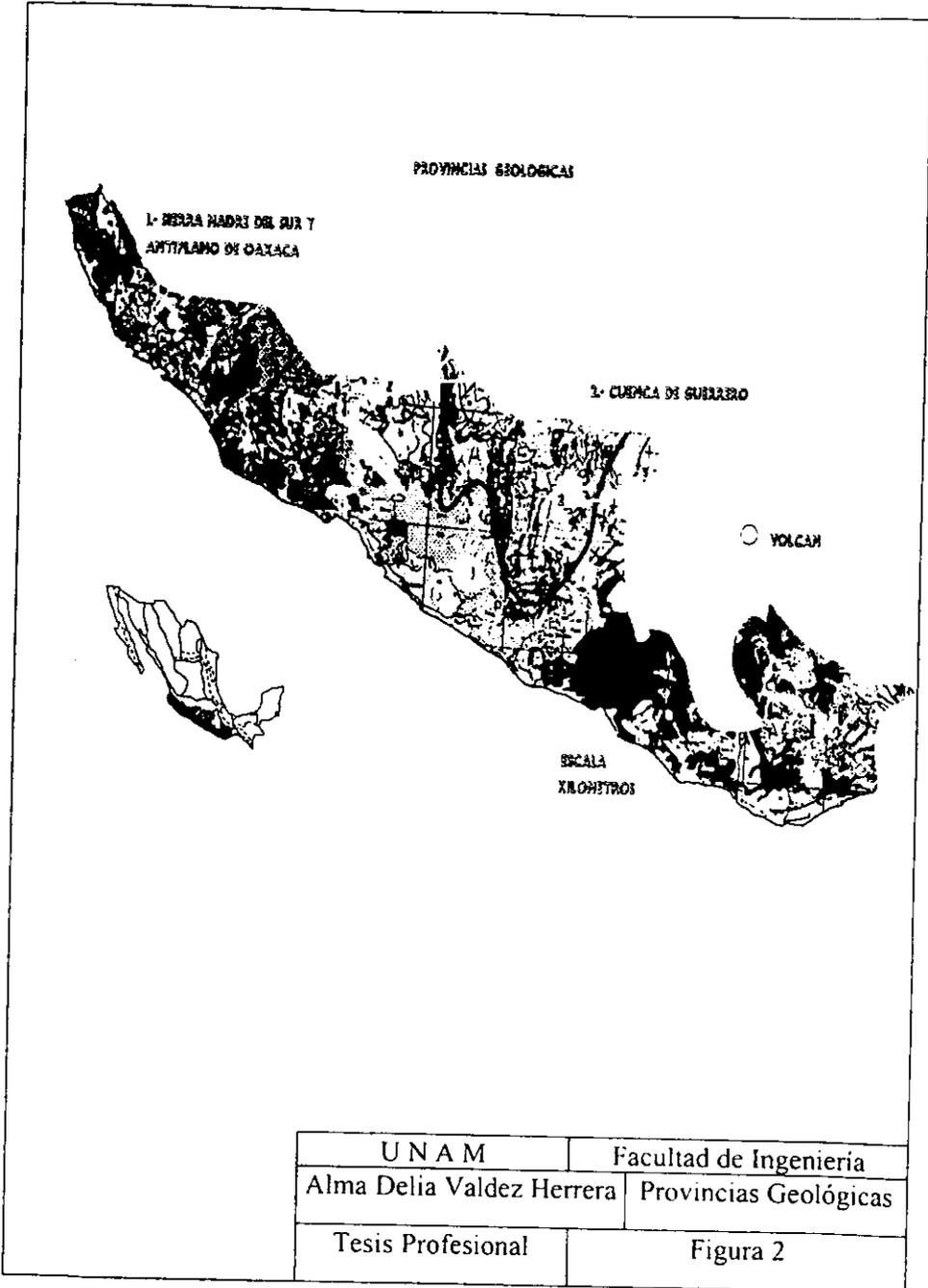
Las sierras están formadas de sedimentos arcillosos, rocas clásticas e ígneas tienen un relieve abrupto y un sistema de drenaje más complejo, caracterizado en las rocas ígneas por cortes verticales que forman cañones acantilados de dimensiones regulares.

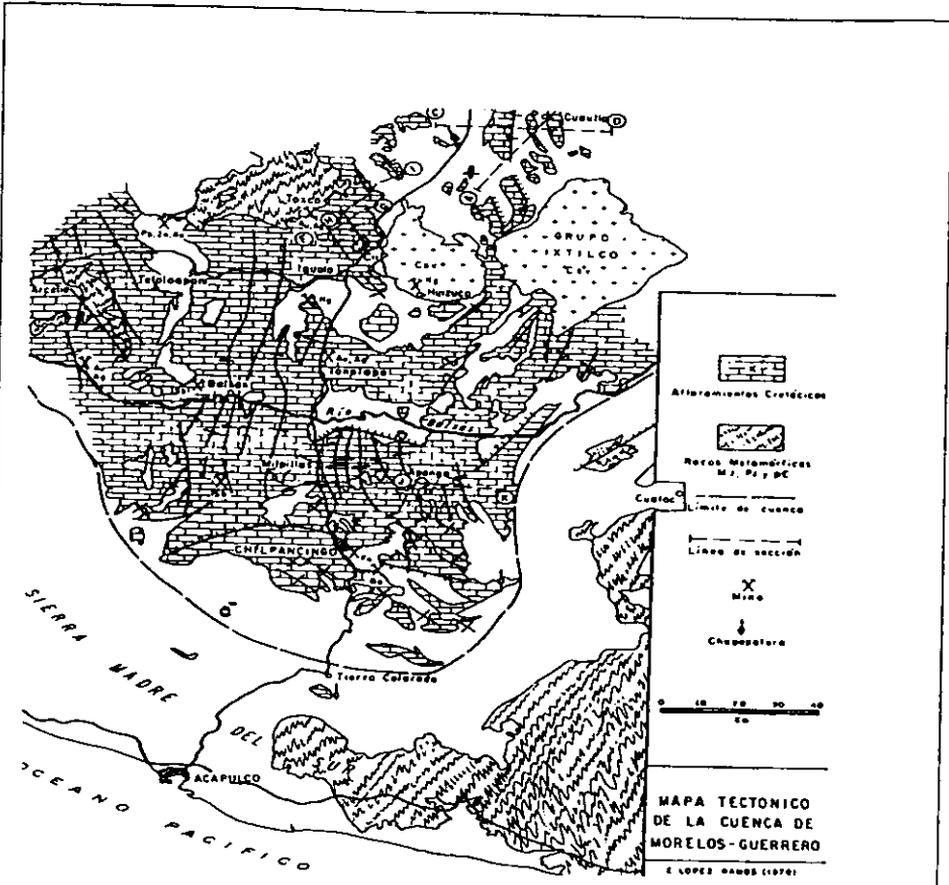
En la parte Norte Guerrero, se aprecia un relieve suave con rasgos juveniles, originado por grandes abanicos aluviales entrelazados con sedimentos y efusiones volcánicas que rellenaron los valles de la topografía preexistente, aún caracterizada en los cerros y sierras que sobresalen en forma de islotes, y presentando una fisiografía madura y un drenaje diferente al desarrollado en las llanuras.

### **II.3. Estratigrafía.**

Precámbrico y Paleozoico metamórfico.

La cuenca tiene como basamento rocas que afloran en la región sur y oriental preferentemente y ocupan la mitad oriental de la zona de la Costa Chica y la zona de la Montaña; están formadas por cuarcitas, filitas, esquistos de biotita y gneisses y se presentan afectadas por intrusiones peridotíticas. Se les ha dado una edad del Pre-Cámbrico al Paleozoico.





U N A M	Facultad de Ingeniería
Alma Delia Valdez Herrera	Mapa Tectónico
Tesis Profesional	Figura 3

Estas rocas metamórficas forman también parte de la Sierra de Guerrero al Sur (ver complejo Xolapa, Provincia de la Sierra Madre del Sur, figura 2), y limitan al oriente con la entrante del basamento al oeste de la cuenca de Tlaxiaco.

La Formación Morelos (Fries 1960), de edad Albiano-Cenomaniano. Fue definida primeramente como una potente sección de calizas y dolomitas de edad Albiano-Cenomaniano que aflora en los estados de México, Guerrero y Morelos, encontrándose su localidad tipo en este último, en un lugar no precisado y sólo basado en los afloramientos de calizas.

Su distribución es de carácter regional, ya que son producto de una gran transgresión marina y se les encuentra aflorando en la mayor parte de la Cuenca Sedimentaria de Morelos-Guerrero. Aflora al SE de Guerrero donde ocupan aproximadamente del 30 al 40% de la superficie. Este tipo de calizas se pueden observar bien a lo largo de la carretera México-Acapulco en el tramo comprendido entre Milpillas, Casa Verde y Venta Vieja en el Cañón del Zopilote.

**Litología y espesor.-** En términos generales se puede hacer una subdivisión de facies lagunares evaporíticas y de plataforma.

Las facies lagunares evaporíticas están bien definidas en toda la porción central, correspondiendo a una secuencia de dolomitas sacaroides de color gris oscuro con olor fétido al golpe del martillo, porosidad primaria baja y secundaria regular por fracturamientos. Por lo general se encuentran estratificadas en capas de 15, 30 y 40 centímetros.

La potencia máxima para esta facie lagunar evaporítica es de 55 metros, medida en la Sección Esperanza-Apango, en el Anticlinal San Francisco.

La Riolita Tilzapotla es la roca más joven que aflora en el distrito, y se compone de una serie de: Ignimbritas, derrames riolíticos y tobas de la misma composición. Tiene topografía muy abrupta y presenta grandes cantiles. Descansa concordantemente sobre las capas más jóvenes del Grupo Balsas y aflora al norte y noroeste del distrito. Su edad es del Oligoceno Superior y alcanza un espesor máximo de 250 m.

Las facies de Plataforma por su parte constan de una secuencia de rocas carbonatadas depositadas en una plataforma continental, correspondiendo en una forma muy generalizada a alternancias de calizas tipo mudstone-wackstone (según

clasificación de Wilson) y en ocasiones a packstone-grainstone de color gris a gris-oscuro con abundante microfauna y restos de Toucasias y Pelecípodos; pueden observarse en ella capas que varían de 20 a 50 centímetros y hasta 1 metro de espesor, parcialmente recristalizadas con algunas inclusiones de dolomitas de color gris a gris-oscuro y estratificadas en capas de 10 - 15 centímetros. Dentro de estos cuerpos calcáreos se notó también la presencia de yesos que corresponden probablemente a pequeños cambios de ambientes de depósito, observados en la sección Tlapehualapa-Cuatzon; la edad se pudo comprobar gracias a que se encontraron interestratificaciones de calizas de 20 centímetros de espesor aproximado con Nummoloculina Heimi y mudstone dolomitizado con restos de pelecípodos, lo que ha permitido situar estos yesos entre el Albiano Superior-Cenomaniano. Los encontrados en los depósitos dolomíticos sin embargo no tienen una relación estratigráfica clara ni presentan evidencias paleontológicas, por lo que la edad no puede ser generalizada ni restringida al Albiano Superior-Cenomaniano.

Es interesante mencionar que la Formación Morelos va cambiando de litología en el curso aguas abajo del Río Balsas de rocas de tipo plataforma a cuenca, estas últimas con evidencias de vulcanismo que indica facies de eugeosinclinal.

El espesor medido para la Formación Morelos fue de 450 metros en la sección Esperanza-Carretera Apango-Zotoltilán (Anticlinal San Francisco).

En cuanto a su edad y correlación, las rocas sedimentarias de la Formación Morelos se consideran de edad Albiano-Cenomaniano con base en el estudio de la microfauna contenida, especialmente los foraminíferos bentónicos que se mencionan: Nummoloculina Heimi Bonet; Nummoloculina Steinmann; Dicyclina Schlumbergeri Munier - Chalmers; Quinqueloculina d'Orbigny; Valvulinna Picardi Henson, Pyrgo Dfrance y Bolivinopsis Yakevlev.

En lo que respecta a los macrofósiles los gasterópodos, tocasisas y carpetas de algas no fueron identificados en la parte este del estado de Guerrero.

Tomando en cuenta la posición estratigráfica de la microfauna estudiada en las rocas de plataforma, se puede dividir esta en dos biozonas, la primera hacia la base con la presencia marcada de Nummoloculina Heimi y la segunda hacia la cima por la presencia de Dicyclina Schlumbergeri, estos horizontes faunísticos y la separación del miembro dolomítico subyacente se tomaron como referencia en la correlación local de secciones estructurales.

En la sección Teacalco-Carretera Taxco-Iguala, Ontiveros (1973) hace la siguiente descripción de la base a la cima:

Mudstone gris claro a oscuro, con escasos miliólidos y horizontes dolomitizados, en alternancia con wackstone de pellas, miliólidos y bioclastos de color gris claro, en parte ligeramente arcilloso y bandeado, con líneas estilolíticas, fracturas con calcita, horizontes con huellas de barrenos, carpetas de algas, bancos de requiénidos (*Toucasia* sp) gasterópodos (*Actaenonella* sp. Y *Nerinea* sp) y con intercalaciones de dolomías gris oscuro de textura media, se aprecia un cuerpo de aproximadamente 40 m de espesor constituido por brechas calcáreas mal clasificadas. Espesor medio 1,430 m.

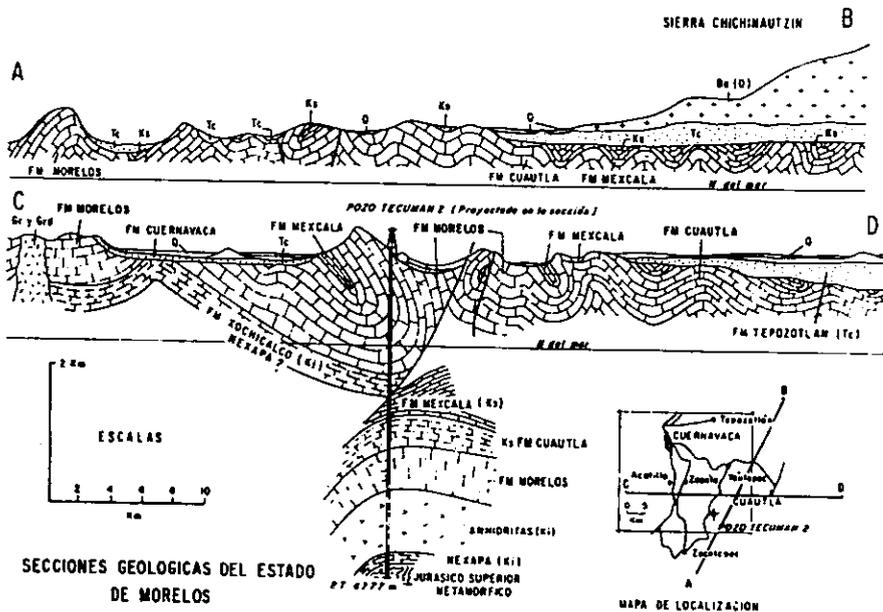
La sección aparece con el espesor más considerable de las medidas por Ontiveros, pero en promedio son más de 700 m para el área al norte de Guerrero. Aunque en el pozo Tecumán 2 (Morelos) se perforaron 1,800 m, con parte de la sección repetida por pliegue y 600 m en posición normal (?) véase sección figura 4.

La formación Morelos se correlaciona en tiempo con las formaciones "El Abra" de la plataforma de Valles, San Luis Potosí y Faja de Oro con las calizas "Teposcolula" de Oaxaca, así como con los correspondientes a la Sierra Madre de Chiapas.

Sedimentología.- La litología y paleontología reflejan un depósito de ambientes de plataforma somera, sin aporte de terrígenos, desde ambientes con alta evaporación y baja circulación que permitió el depósito de yesos y dolomitas, hasta ambientes de plataforma somera que permitió los depósitos calcáreos con desarrollo de organismos bentónicos.

#### Plataforma Morelos-Guerrero.

El área de la Plataforma Morelos-Guerrero, en la que se desarrollaron importantes depósitos marinos Mesozoicos, se encuentra localizada en la mayor parte del estado de Morelos y en pequeñas porciones del noroeste del estado de Guerrero y sureste del estado de México. La secuencia sedimentaria marina expuesta en esta región cubre un rango cronoestratigráfico que varía desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. Esta secuencia descansa sobre un basamento metamórfico Precámbrico representado aparentemente por el esquisto Taxco (Fries, 1960; De Cserna, et al., 1975), que en el área homónima subyace a una unidad de andesitas ligeramente metamorfizadas que Fries (1960) llamó "Roca Verde-Taxco Viejo".



U N A M	Facultad de Ingenieria
Alma Delia Valdez Herrera	Secciones Geológicas
Tesis Profesional	Figura 4

Campa (1978) encuentra mucha semejanza entre las rocas del Esquisto Taxco descritas por Fries y las rocas volcánico-sedimentarias del Cretácico Inferior que afloran al occidente de Teloloapan, por lo que la edad del Esquisto Taxco pudiera no ser Precámbrica, y en ese caso esta unidad no formaría parte del basamento metamórfico sobre el que evolucionó la secuencia sedimentaria mesozoica de la Plataforma Sedimentaria Morelos-Guerrero. Hacia los límites de Guerrero y Oaxaca la secuencia sedimentaria marina de la Plataforma Morelos-Guerrero descansa sobre el basamento metamórfico Paleozoico representado por el Complejo Acatlán.

Las unidades sedimentarias marinas de esta región se encuentran cubiertas discordantemente por depósitos continentales cenozoicos y rocas volcánicas del Eje Neovolcánico, así como por algunos remanentes de vulcanismo riolítico oligocénico.

La base del paquete mesozoico marino está representada por la formación Acahuizotla del Jurásico Superior (Fries, 1956) que está formada por sedimentos calcáreo-arcillosos que afloran en localidades aisladas. Esta formación subyace en discordancia erosional con las lutitas calcáreas de la Formación Acuitlapan del Neocomiano; ambas formaciones muestran el efecto de un metamorfismo dinámico débil. La formación Xochicalco del Aptiano, también con escasos afloramientos, está formada por una secuencia de capas delgadas de caliza que descansan sobre la Formación Acuitlapan. Posteriormente al depósito de la Formación Xochicalco ocurrió en la región un levantamiento que dió origen a la paleopenínsula de Taxco (Fries, op. cit.) y a un periodo de erosión marcado por la presencia de una discordancia que pone en contacto a la Formación Xochicalco con diferentes horizontes de la Formación Morelos.

Esta última formación constituye la unidad calcárea que cuenta con los más extensos afloramientos en la región. Su nombre ha sido aplicado a secuencias de calizas que se extienden hasta Michoacán, Jalisco y Colima, aunque las características no son las mismas. Está formada por capas gruesas de caliza y dolomita en una secuencia que llega a alcanzar hasta 900 metros de espesor y que cuenta en la base con un miembro anhidrítico de algunos metros de espesor. Las características litológicas y la fauna revelan que esta unidad se formó por el depósito de sedimentos calcáreos en un mar de aguas someras durante el intervalo Albiano-Cenomaniano.

En las postrimetrías del Cenomaniano ocurrió una emersión del área con el emplazamiento de varios troncos graníticos y con la erosión diferencial de la cima de la Formación Morelos (Fries, op. cit.).

Durante el Turoniano se repite una invasión de los mares y se restablece la sedimentación siendo esta de tipo calcárea, desarrollada hacia el poniente de una línea que corre de Cuernavaca a Huitzucó.

El final del Turoniano marca un cambio drástico en la sedimentación de la Plataforma Morelos-Guerrero como resultado del levantamiento de gran parte de las zonas volcánico-sedimentarias ubicadas en la región occidental de esta porción de México. Los depósitos de lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados llegaron a formar una secuencia de más de 1,200 metros de espesor, desarrollado en el intervalo Turoniano-Campaniano. Al término del Cretácico e inicio del Terciario ocurrieron las deformaciones compresionales que dieron como resultado la formación de un sistema de pliegues anticlinales y sinclinales.

En el intervalo Eoceno-Oligoceno ocurrió un intenso fallamiento normal, acompañado de sedimentación clástica continental sobre las partes bajas de la nueva topografía. Esta sedimentación clástica continental se había iniciado desde mediados del Cretácico en las zonas ubicadas al occidente de esta región.

El depósito de materiales conglomeráticos fue contemporáneo de algunos derrames lávicos de basalto, lo cual dió origen al conjunto litoestratigráfico denominado Grupo Balsas (Fries, 1960). Estos depósitos fueron seguidos por importantes emisiones volcánicas silíceas que formaron la cubierta ignimbrítica del área de Taxco, denominada "Riolita Tilzapotla" y por los depósitos volcanoclásticos y volcánicos de la Formación Tepoztlán. Según Campa (1978), esta región sufrió un combamiento considerable durante el Mioceno, que se explica por la inclinación de las capas del Grupo Balsas y por la posición anormalmente elevada de ignimbritas del Oligoceno.

El Terciario Superior y Cuaternario están caracterizados en esta región por la influencia de la actividad volcánica del Eje Neovolcánico y por el desarrollo de fosas tectónicas que produjeron el depósito de los sedimentos clásticos continentales de la Formación Cuernavaca.

## II.4. Geología Estructural.

En el estado de Morelos destaca como más importante el anticlinal de Ticumán que se inicia al sur de Tepoztlán y termina al norte de Santa María, con una interrupción a la altura de Tlaltizapán; la estructura tiene 30 km continuos de longitud y 10 km más después de la interrupción, que en total suman 40 km de alargamiento superficial y continuándose indefinidamente bajo los sedimentos terciarios. Éste anticlinal presenta una recumbencia al oeste desde el límite norte hasta la altura de Ticumán, donde gradualmente se va normalizando hacia el sur donde es cortada por las fallas "Cañón de Lobos" y "Jojutla", respectivamente. La primera de existencia comprobada y la segunda solamente inferida (Ordaz, 1977). La perforación del pozo Ticumán-2 (figura 4) muestra las complicaciones tectónicas del subsuelo que seguramente fueron afectadas de yeso en la base del Cretácico. En el mapa tectónico (figura 3), se aprecian diferentes bloques tectónicos con orientación general norte-sur. La profundidad de las cuencas de Morelos, Guerrero es relativamente profunda, pudiendo alcanzar espesores del orden de 5,000 m para las rocas mesozoicas, susceptibles de ser atravesadas fácilmente con perforaciones petroleras.

El área de estudio se localiza a 10 kilómetros al sur de la población de Tehuixtla, en el extremo sur del estado de Morelos, por lo que esta área se encuentra entre la Provincia Geológica de la Faja Volcánica Transmexicana (o Eje Neovolcánico) y la Plataforma Morelos-Guerrero.

La provincia constituye una franja volcánica del Cenozoico Superior que cruza transversalmente la República Mexicana a la altura del paralelo 20. Está formada por una gran variedad de rocas volcánicas que fueron emitidas a través de un importante número de aparatos volcánicos, algunos de los cuales constituyen las principales alturas del país. La actividad volcánica en esta franja ha dado lugar a un gran número de cuencas endorréicas con el consecuente desarrollo de lagos, lo que le da la característica a la provincia.

La plataforma por su parte, es una secuencia sedimentaria marina que cubre un rango cronoestratigráfico que varía desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior. Las unidades sedimentarias marinas de esta región se encuentran cubiertas discordantemente por depósitos continentales cenozoicos y rocas volcánicas de la Faja Volcánica Transmexicana, así como algunos remanentes de vulcanismo.

En el área de estudio, la base del paquete mesozoico marino está representada por la Formación Acahuizotla del Jurásico Superior, que está formada por sedimentos calcáreos-arcillosos que afloran en localidades aisladas de la región. Sobre este paquete mesozoico se depositan formaciones de origen marino que tiene escasos afloramientos. Al final del Aptiano la región tuvo un levantamiento que dió origen a la paleopenínsula de Taxco y a un período de erosión marcado. En las postrimerías del Cenomaniano ocurrió una emersión del área con el emplazamiento de varios troncos graníticos y con la erosión diferencial de la cima de la Formación Morelos (gruesa secuencia de caliza-dolomita).

Durante el Turoniano se repite una invasión de los mares y se restablece la sedimentación calcárea. El final del Turoniano marca un cambio drástico en la sedimentación de la región como resultado del levantamiento de gran parte de las zonas volcánicosedimentarias.

Al término del Cretácico e inicio del Terciario, ocurrieron las deformaciones compresionales que dieron como resultado la formación de un sistema de anticlinales y sinclinales que actualmente presentan una orientación general nortenoeste a sur-sureste.

En el intervalo Eoceno-Oligoceno ocurrió un intenso fallamiento normal acompañado de sedimentación clástica continental sobre las partes bajas de la topografía resultante. El depósito de materiales conglomeráticos fue contemporáneo de algunos derrames lávicos de basalto, lo cual dio origen al conjunto litoestratigráfico denominado Grupo Balsas.

Finalmente, el Terciario Superior Cuaternario está caracterizado en esta región por la influencia de la actividad volcánica del Eje Neovolcánico y por el desarrollo de fosas tectónicas que produjeron el depósito de los sedimentos clásticos continentales de la Formación Cuernavaca.

Los esfuerzos regionales que ocurrieron durante el Eoceno-Oligoceno, principalmente fueron este-oeste y noreste-suroeste, lo cual produjo una serie de rasgos estructurales que se identifican en el área de estudio a saber: pliegues, fallas y fracturas. Entre los primeros destaca un eje anticlinal que se orienta nortenoeste a sur-sureste y se localiza a 2.3 km al este del tajo Coaxitlán.

El sistema de fallas en el área de estudio se emplaza en dos direcciones, noreste-sureste y noreste-suroeste, no identificando fracturas mayores cercanas al proyecto.

En el caso de las fallas, predominan las de tipo inverso que se orientan norte-sur. Tampoco se identifican fallas mayores que crucen o se emplacen cercanas al área de estudio.

El depósito que nos ocupa es masivo, estratificado y de forma irregular. En este yacimiento el yeso se presenta asociado con anhidrita y con algunos horizontes irregulares, fracturados de caliza dolomitizada y dolomía, veteados con calcita. Presenta una estructura compacta, de color blanco grisáceo, con listas negras y grises debido a impurezas arcillosas.

## **II.5. Geología Histórica.**

Hasta ahora se sabe que los Mares Jurásicos fueron los primeros en invadir la cuenca Morelos-Guerrero y seguramente estaban limitados tanto al este como al sur por antiguas rocas Pre-Cámbricas o Paleozoicas.

Al N-W pudieron encontrarse los Esquistos de Taxco o parte de la plataforma de Zitácuaro; el límite al oeste no está muy claro y aparentemente estuvo en comunicación con el Portal Jurásico del Balsas.

Durante el Albiano Medio, las condiciones del medio de depósito en algunos lugares, fueron propiciando la precipitación de las anhidritas que constituyen la base de la formación Morelos y posteriormente en el albiano Superior-Cenomaniano Inferior el medio ambiente de ésta cambió notablemente y como consecuencia, sobre las anhidritas se depositaron las calizas oolíticas y fosilíferas que son las que constituyen a la unidad.

## **II.6. Geología Económica.**

Los minerales no metálicos se circunscriben principalmente a las zonas centro y norte. Esta distribución geográfica obedece fundamentalmente a que estas dos regiones comprenden una antigua cuenca marina. La mayor parte de los minerales no metálicos se alojan en las zonas calcáreas que forman la Cuenca de Morelos-Guerrero.

El enorme potencial de calizas hace factible la localización de plantas para la elaboración de cal hidratada en cualquiera de las 2 regiones mencionadas. Los

bancos de caliza, arcilla y yeso, localizados han permitido estimar un potencial y calidad adecuada para la instalación de plantas productoras de yeso y cemento.

## **II.7. Reservas.**

El cálculo de reservas se realizará por el método de Secciones Transversales.

a) Principios y requerimientos :

El primer paso para la aplicación de este método es el de dividir el cuerpo de yeso mediante la construcción de secciones geológicas localizadas a intervalos que dependen de la cantidad y localización de los datos de exploración, naturaleza del yacimiento y propósito del cálculo.

La secuencia que generalmente se sigue en este método es la siguiente:

- 1.- Construcción de las secciones y vaciado de datos.
- 2.- Cálculo de las áreas de todas las secciones.
- 3.- Cálculo de factores promedio para cada sección.
- 4.- Cómputo de volúmenes y tonelajes para cada bloque.
- 5.- Sumarización de resultados para todos los bloques (y categorías) con el fin de obtener los resultados promedio para el cuerpo.

Hay que decir que para lograr los mejores resultados con el método de secciones transversales se requiere de las siguientes condiciones:

- 1.- Que haya un número suficiente de trabajos cruzando completamente el cuerpo mineralizado.
- 2.- Que exista un número adecuado de datos en cada sección.
- 3.- Que los trabajos y/o datos estén distribuidos lo más uniformemente posible.

Ahora bien, dependiendo de la manera en que hayan sido construidos los bloques y de acuerdo con el principio de interpretación seguido, existen tres modificaciones al método de las secciones transversales:

- 1.- Método estándar.
- 2.- Método lineal.
- 3.- Método de isolíneas.

En este caso se usará el Método Lineal que se basa en el principio de la semidistancia, de modo tal que cada sección extienda su influencia hasta la mitad de la distancia que lo separa de la sección contigua.

#### b) Aplicabilidad.

Este método es utilizado para calcular cuerpos largos y bien definidos que son aproximadamente uniformes en ancho y leyes o que tienen valores que cambian gradualmente. También puede ser utilizado en cuerpos con poco echado (mantos), en depósitos de placer o en depósitos de stock.

Las secciones que se utilizan pueden ser verticales, inclinadas u horizontales y hay ocasiones en que hay que utilizar dos juegos de secciones construidas a ángulos rectos uno del otro, con el objeto de obtener resultados correctos. También es común que se calculen las reservas separándolas por niveles o diferenciándolas por mineral.

#### c) Ventajas y Desventajas.

La principal ventaja es que el uso de las secciones transversales lleva consigo el vaciar la geología del depósito en cada una de las secciones; además de ello dos o más cuerpos mineralizados pueden ser calculados en la misma sección.

Aunque el procedimiento general puede ser simple y rápido, para obtener mayor precisión en los cálculos a veces es necesario un mayor número de cálculos y el uso de secciones auxiliares. De ello resulta que para incrementar la exactitud del método el número de secciones debe ser tan grande como sea posible, es decir deben de estar lo suficientemente próximas unas de otras. También debemos decir que muchas de las desventajas encontradas en este método pueden ser evitadas mediante una exploración bien planeada y ejecutada, pues a veces las imprecisiones que se obtienen al emplearlo provienen de la falta de datos suficientes en cada una de las secciones.

El cálculo se hará aplicando la expresión:

$$V = ((A_1 + A_{i+1})/2h)$$

Que para nuestro caso:

$$V = ((A_1 + A_2)/2)h$$

Donde:

$A_1, A_2, \dots, A_n$  = Son las áreas consecutivas equidistantes.

h = Equidistancias.

Las reservas fueron calculadas con base en los planos de levantamiento topográfico y geológico del yacimiento. Las secciones de las áreas calculadas no aparecen, se presenta solamente el cálculo para mostrar el procedimiento

### Cálculo de reservas.

Area	Areas Consecutivas Equidistantes	Cálculo	Volumen
1	934		
2	250	$(934+250)/2 * 150 =$	88,800 m <sup>3</sup>
3	220	$(250+220)/2 * 150 =$	35,250 m <sup>3</sup>
4	414	$(220+414)/2 * 150 =$	47,550 m <sup>3</sup>
5	1550	$(414+1550)/2 * 150 =$	147,300 m <sup>3</sup>
6	731	$(1550+731)/2 * 150 =$	171,075 m <sup>3</sup>
7	340	$(731+340)/2 * 150 =$	80,325 m <sup>3</sup>
8	228	$(340+228)/2 * 150 =$	42,600 m <sup>3</sup>
9	194	$(228+194)/2 * 150 =$	31,650 m <sup>3</sup>
10	473	$(194+473)/2 * 150 =$	50,025 m <sup>3</sup>
11	1768	$(473+1768)/2 * 150 =$	168,075 m <sup>3</sup>
		<b>Total</b>	<b>862,650 m<sup>3</sup></b>

Tomando en cuenta además que:

Volumen x densidad = Tonelaje

Se tiene para este caso:

$$(862,650 \text{ m}^3)(2.3 \text{ Ton/ m}^3) = 1,984,095 \text{ Toneladas}$$

Posteriormente se incrementará de la siguiente manera.

Año	Incremento de la producción (producción base = 10,800 toneladas mensuales).
1	0%
2	50%
3	75%
4	90%
5	100%
6	0%
7	0%
8	0%

El tonelaje requerido es de 10,800 en el primer año, 16,200 en el segundo año, 19,440 en el tercer año y en los cinco años restantes 21,600 toneladas por lo que se concluye que las reservas satisfacen ampliamente la demanda de la Planta Tilzayesi, S. de S.S.

## **CAPITULO III. Sistema de minado.**

### **III.1. Aspectos Generales.**

El Sistema de explotación de un yacimiento de yeso, depende de la profundidad a la que se encuentra el mineral.

Los métodos de explotación se dividen en dos grandes grupos: subterráneos y a cielo abierto.

El yacimiento que nos ocupa descarta los métodos subterráneos dada la extensión y superficialidad del manto.

Se han determinado quince factores técnicos muy importantes los cuales intervendrán en el diseño y explotación del tajo.

- 1.- Forma del yacimiento
- 2.- Potencia media.
- 3.- Dimensiones.
- 4.- Inclinación de los contactos.
- 5.- Encape.
- 6.- Riqueza del yacimiento.
- 7.- Homogeneidad del mineral.
- 8.- Naturaleza del mineral.
- 9.- Valor unitario del mineral.
- 10.- Tonelaje de explotación.
- 11.- Porcentaje de recuperación.
- 12.- Costo unitario de explotación.
- 13.- Seguridad.
- 14.- Supervisión.
- 15.- Capital disponible.

Los cuatro primeros puntos demuestran que la explotación no se puede concentrar a un área reducida.

El encape representa un problema secundario por el espesor que tiene.

La riqueza del yacimiento va íntimamente ligada a la homogeneidad del mineral.

El factor seguridad es de primera importancia en cualquier método de explotación. Para nosotros este factor sólo se verá afectado por la altura que tengan los bancos, además de los riesgos que implica toda operación minera.

Los métodos que requieren de gran supervisión son difíciles y por lo tanto caros. En éste se tratará de que se tenga la menor supervisión posible debido al poco tonelaje a explotar y al bajo valor unitario del mineral.

El tajo se localiza en el pueblo de Coaxitlán (figura 5), en el estado de Morelos, a unos 30 km de la población de Tilzapotla, aproximadamente a una hora y media por camino de terracería.

Como se mencionó anteriormente el Tajo Coaxitlán no es propiedad de la Sociedad de Solidaridad Social, Tilzayesi, únicamente esta les compra la materia prima de modo que los costos de explotación son nulos para la Sociedad, reflejándose como costos de adquisición de materia prima.

### **III.2. Características del yacimiento.**

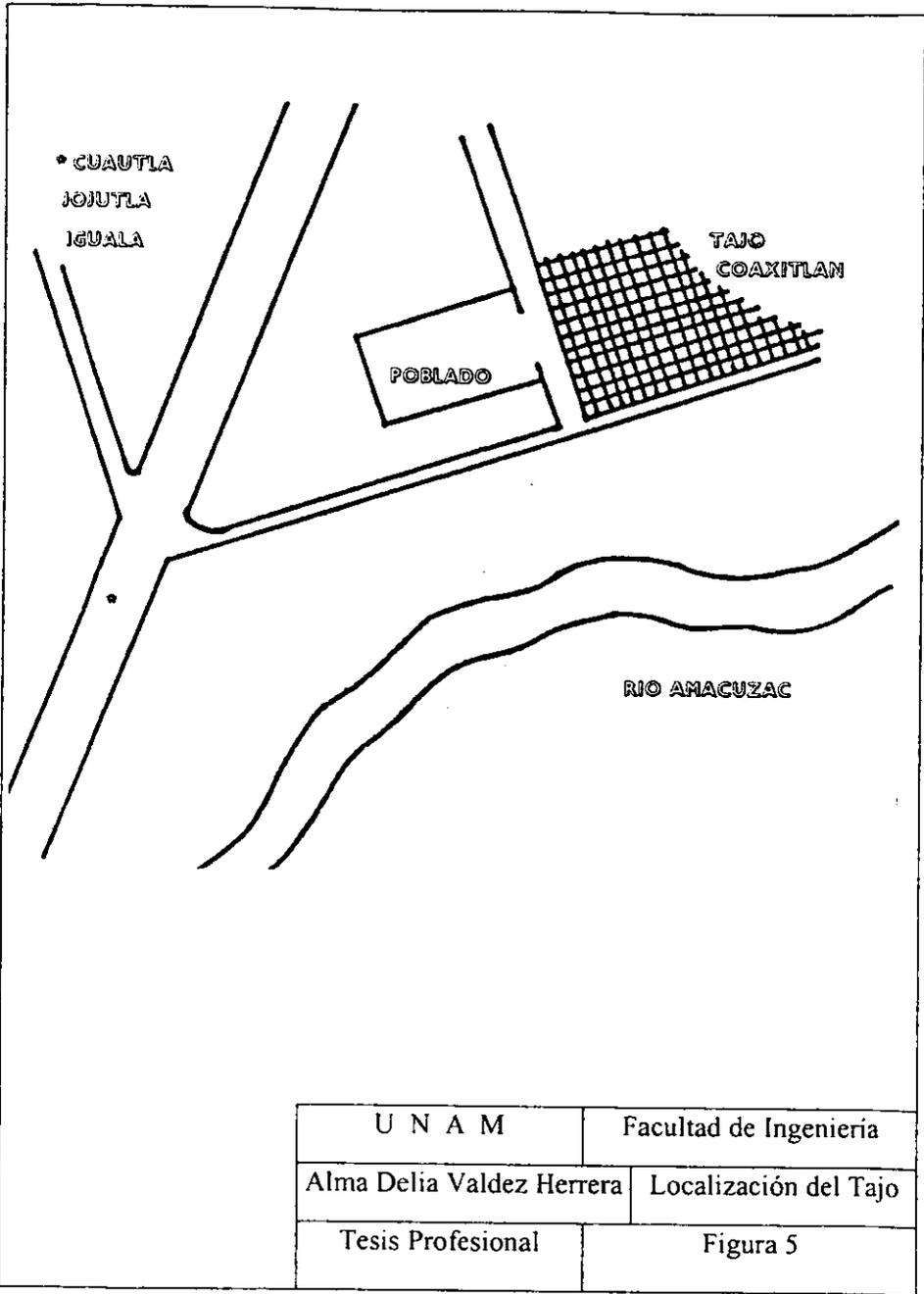
El descapote en el área de explotación es mínimo ya que la capa de tierra vegetal es de aproximadamente 10 cm por lo tanto el costo del mismo es poco significativo. La topografía del terreno presenta una pendiente regular del 12%.

### **III.3. Sistema de explotación.**

Debido a las condiciones favorables del yacimiento, se seleccionó el sistema de explotación a cielo abierto por ser el método más económico. A continuación se presentan las ventajas y desventajas.

Ventajas.

- 1.- Alta productividad.
- 2.- Bajo costo de explotación.
- 3.- Alta recuperación del mineral.
- 4.- La relación descapote-mineral es prácticamente nula ya que no hay escape.
- 5.- Susceptible de mecanización al máximo.
- 6.- Seguridad en la operación.



Desventajas.

- 1.- No es selectivo, por lo que las zonas contaminadas se deben extraer
- 2.- La operación se ve afectada por las lluvias
- 3.- La superficie queda deteriorada después de la explotación, por lo cual se debe de tener un programa de reforestación y relleno.

### **III.3.1. Barrenación y Voladura.**

En esta etapa es sumamente importante seleccionar el equipo adecuado en relación a la altura de los bancos.

El equipo que se utiliza en el tajo es:

- 2 perforadoras manuales Atlas Copco Ingersoll Rand neumáticas.
- 1 Track Drill neumático Atlas Copco Ingersoll Rand.

Características de los equipos.

Perforadora manual: actualmente se emplean 4 personas en el manejo de las 2 perforadoras, aunque es un equipo de poca producción comparado con el track-drill se sigue usando por la falta de visión técnica del dueño en cuanto a equipos más modernos.

Track-Drill: es un equipo muy versátil del que se pueden ennumerar como ventajas y desventajas a los siguientes:

Ventajas.

- 1.- Cuenta con un mecanismo de tracción que le permite amplia movilidad.
- 2.- Es de alta productividad.
- 3.- Requiere sólo de 2 hombres para su operación.
- 4.- Rapidez en la barrenación.
- 5.- El diámetro de la barrenación puede ser hasta de 90 mm (3 1/2").
- 6.- Alcance en barrenos de hasta 30 m de profundidad.

## Desventajas.

- 1.- Se requiere de una inversión alta ya que el costo de una mancuerna (track-drill y compresor) es elevado.
- 2.- El mantenimiento es costoso ya que el equipo cuenta con cuatro motores y mecanismos de tracción así como sistema hidráulico.
- 3.- El acero tiene poca duración debido a que el equipo lleva una perforadora de rotación y percusión, lo que provoca que toda la columna esté sujeta a golpeteo, perjudicándose desde la broca hasta el martillo.
- 4.- Se requiere de un compresor de  $17 \text{ m}^3$  ( $700 \text{ ft}^3$ ) de aire por minuto como mínimo, a una presión de  $7.74 \text{ kg/cm}^2$  ( $110 \text{ lb/in}^2$ )

Debido a lo anterior, se sugiere utilizar otro equipo que sea más eficiente, versátil y económico. El que se recomienda es el Wagon-Drill con martillo de fondo y compresor de alta presión.

En el Tajo Coaxitlán no se tiene una plantilla de barrenación y la explotación está basada únicamente en las fracturas visibles en la roca, donde se coloca la barrena y se inicia la perforación. Los explosivos que se emplean son: Tovex, Anfo, Nonel, E.cord, fulminate No. 6 y cañuela.

Después de la explotación la roca fragmentada tiene un tamaño aproximado de 3 m pero se reduce manualmente hasta un tamaño de 25 x 45 cm de arista empleando marros de 4 a 5 kg de peso.

### III.3.2. Equipo de cargado.

La roca ya fragmentada es cargada manualmente en los camiones de 10 toneladas de capacidad, generando tiempos muertos, donde la productividad disminuye resultando en un retraso en el transporte del material a la planta. Sin embargo, dado que sólo les interesa la productividad, factores como el diseño del tajo y la seguridad son aspectos secundarios.

Para reducir los tiempos muertos que genera el cargado del material a los camiones, sería recomendable utilizar una excavadora con ruedas y cucharón con dientes (soldados con pernos), sobre todo cuando las distancias a transitar son muy cortas. Como ventajas se tendrían: gran movilidad, rendimiento de trabajo,

versatilidad de operación, mayor comodidad para el operador, seguridad excelente y mantenimiento sencillo.

### **III.3.3. Diseño del Tajo y de la Plantilla de barrenación.**

#### **Diseño del Tajo.**

Actualmente no se tiene un diseño del tajo que debería contemplar tanto su geometría, como profundidad y taludes.

Tampoco los caminos presentan un trazado adecuado (son de terracería) y no son sujetos de un mantenimiento adecuado, por lo que en temporada de lluvias el retraso del acarreo encarece aún más el proceso dado el atascamiento de las unidades de acarreo. Los camiones que circulan por estos caminos son de 10 toneladas de capacidad, el ancho de los caminos es de 3 a 5 metros, y con una circulación en ambos sentidos.

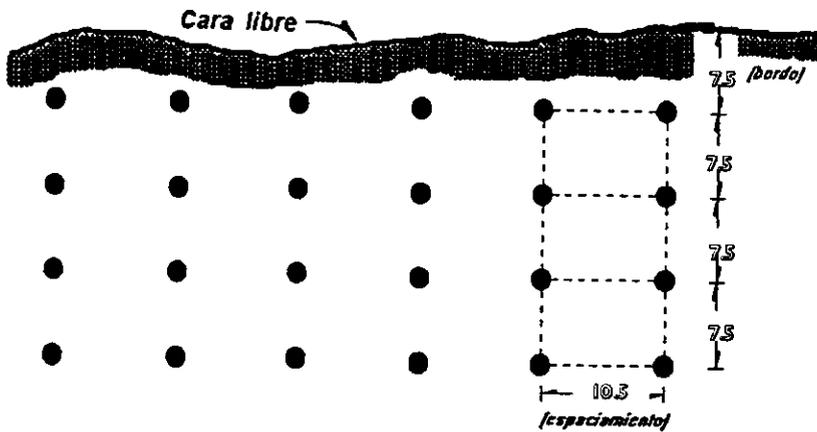
Debido a las condiciones en la explotación del tajo, no se manejan bancos y existe un solo nivel de acarreo, lo que implica un menor consumo de combustible y desgaste mecánico.

#### **Diseño de la plantilla de barrenación.**

La plantilla de voladura se determina por la geología del material a quebrar, la fragmentación requerida, el diámetro del barreno y la profundidad y tipo de explosivo.

Para este banco se sugiere utilizar la plantilla de barrenación rectangular (figura 6), en donde la dimensión menor se tendría en el bordo y la mayor en el espaciamiento, de tal forma que los barrenos de cada fila queden también alineados detrás de los barrenos de las filas de enfrente.

## Plantilla de barrenación tipo rectangular.



Bordo  
 $B = 2.28 \text{ m (7.5 ft)}$

Espaciamiento  
 $S \text{ O } 3.20 \text{ m (10.5 ft)}$

U N A M	Facultad de Ingenieria
Alma Delia Valdez Herrera	Sin escala Dimensiones en pies
Tesis Profesional	Figura 6

Para una mayor comprensión de los elementos que conforman un banco de explotación en un tajo se muestra la figura 7 donde se muestra de una manera muy clara la nomenclatura.

Donde:

**B** = Bordo. Distancia medida del centro del barreno de la primera línea a la orilla de la cara libre.

**B<sub>s</sub>** = Bordo superior. Se considera la cresta del banco.

**B<sub>i</sub>** = Bordo inferior. Se considera la pata del banco.

**J** = Sub-barrenación. Es la porción que se debe perforar más allá del piso del banco.

**C** = Carga de columna. Porción que se carga con agentes explosivos (ANFO)

**T** = Taco. Porción superior del barreno que después de cargar la columna se debe rellenar con material no explosivo (usualmente detritos de barrenación).

**L** = Altura efectiva del banco.

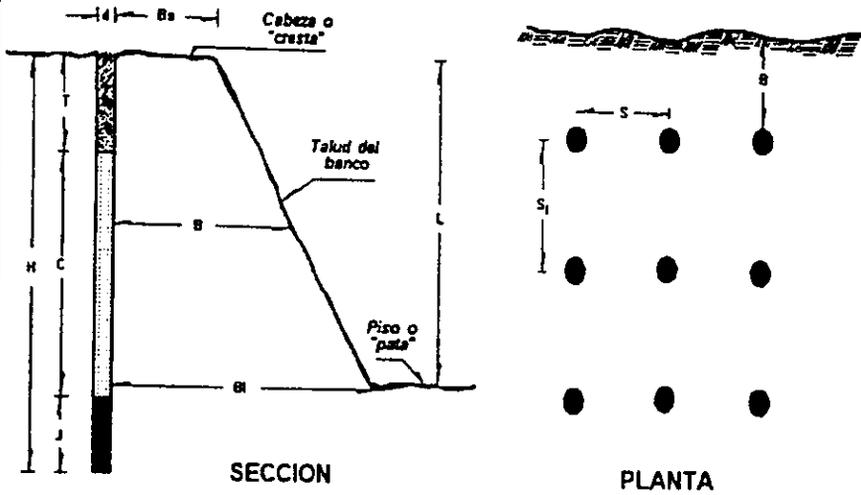
**H** = Longitud total de barrenación.

**d** = Diámetro de barrenación.

**S** = Espaciamiento entre barrenos localizados en una misma línea.

**S<sub>1</sub>** = Distancia o espaciamiento entre líneas.

## Nomenclatura de elementos de un banco a cielo abierto.



	U N A M	Facultad de Ingeniería
	Alma Delia Valdez Herrera	Sin escala
	Tesis Profesional	Figura 7

Fórmulas empíricas para el diseño de barrenaciones en operaciones a cielo abierto o "Relaciones de Ash".

$$B = K_b (D_e/12)$$

$$S = K_s (B)$$

$$H = K_h (B)$$

$$J = K_j (B)$$

$$T = K_t (B)$$

Donde:

$K_b$  = Relación de bordo (pies).

$K_s$  = Relación de espaciamiento (pies).

$K_h$  = Relación de longitud de barrenación (pies).

$K_j$  = Relación de sub-barrenación (pies).

$K_t$  = Relación de taco (pies).

$D_e$  = Diámetro de barrenación (pulgadas).

Para el diseño de la plantilla de barrenación, se asignarán los siguientes valores a cada una de las constantes involucradas:

$$K_b = 30.00$$

$$K_s = 1.40$$

$$K_h = 2.60$$

$$K_j = 0.30$$

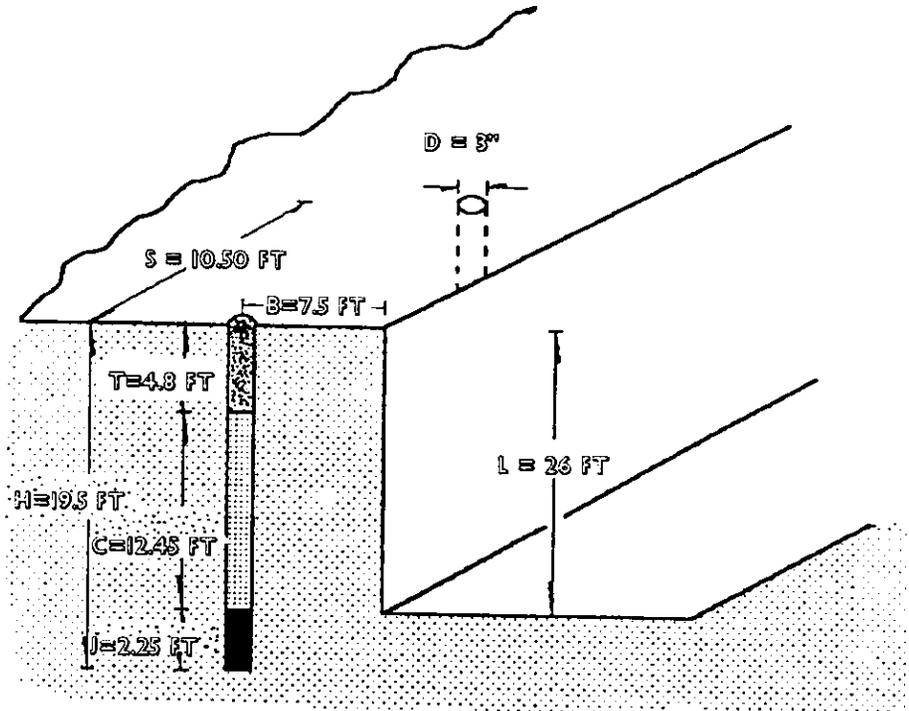
$$K_t = 0.65$$

A continuación se muestran los cálculos realizados para el diseño de la plantilla de barrenación, para un banco de 7.92 m (26 ft) y utilizando barrenos de 7.62 cm (3") de diámetro en condiciones estándar.

B =	$K_b D_e/12)$	$30(3/12) =$	7.50 ft (2.28 m)
S =	$K_s (B)$	$1.40(7.5) =$	10.50 ft (3.20 m)
H =	$K_h (B)$	$2.60(7.5) =$	19.50 ft (5.94 m)
J =	$K_j (B)$	$0.30(7.5) =$	2.25 ft (0.68 m)
T =	$K_t (B)$	$0.65(7.5) =$	4.90 ft (1.49 m)

Con los resultados obtenidos se procederá a representar los valores en el croquis esquemático de la figura 8.

**Diseño de la plantilla de barrenación mediante el empleo de las formulas de Ash.**



$D = 0.0762 \text{ m}$   
 $S = 3.20 \text{ m}$   
 $B = 2.28 \text{ m}$

$T = 1.49 \text{ m}$   
 $H = 5.94 \text{ m}$   
 $C = 3.79 \text{ m}$

$J = 0.68 \text{ m}$   
 $L = 7.92 \text{ m}$

UNAM	Facultad de Ingenieria
Alma Delia Valdez Herrera	
Tesis Profesional	Figura 8

#### **III.4. Costos de operación.**

Como se mencionó anteriormente, no se tienen costos directos dado que el tajo no es propiedad de la Sociedad de Solidaridad Social Tilzayesi; asimismo, dado que sólo se comercializa la materia prima, este concepto se incluye en los costos de producción de la planta.

## **CAPITULO IV. Sistema de Beneficio.**

### **IV.1. Antecedentes.**

La Planta de Beneficio de la Sociedad de Solidaridad Social Tilzayesi, es una planta en la que se utiliza el sistema de beneficio "Calcinado-Picado-Molienda y Envasado", con lo que se obtiene como producto final yeso comercializable.

El equipo necesario para la planta comprende la instalación completa de tuberías para combustible (diesel) y agua, instalación eléctrica completa : toma de corriente a la línea de alta tensión y un transformador de 45 kva, que la transforma de 23,000 volts a 440 volts para la operación de los motores trifásicos y otro transformador de 15 kva, que la transforma de los 440 volts a 110 volts para el uso industrial de la planta.

La capacidad de producción de la planta es de 500 toneladas mensuales de yeso; la meta es llegar a producir 36 toneladas por día, lo que daría 900 toneladas mensuales.

Para determinar la producción de la planta en primer término se tiene contemplada la reparación de los hornos caídos, esto aunado a la capacitación técnica hacia el personal obrero permitirá el incremento programado en la producción. Además del estudio de mercado que se realizó en el área local y foránea el cual arrojó un importante número de cartas de intención de compra que hacen viable el incremento. Por último las estadísticas del Consejo de Recursos Minerales y del Instituto Nacional de Geografía e Informática permitieron observar un crecimiento mayor desde 1982 en el consumo nacional aparente del yeso, debido a la demanda de la población en cuanto a obras civiles y de construcción se refiere

### **IV.2. Distribución de la planta.**

El principal objetivo de la distribución efectiva del equipo en la planta es desarrollar un sistema de producción en el que se permita la fabricación del producto deseado, con calidad y al menor costo posible. Por lo tanto, la distribución del equipo es un elemento importante de todo un sistema de producción.

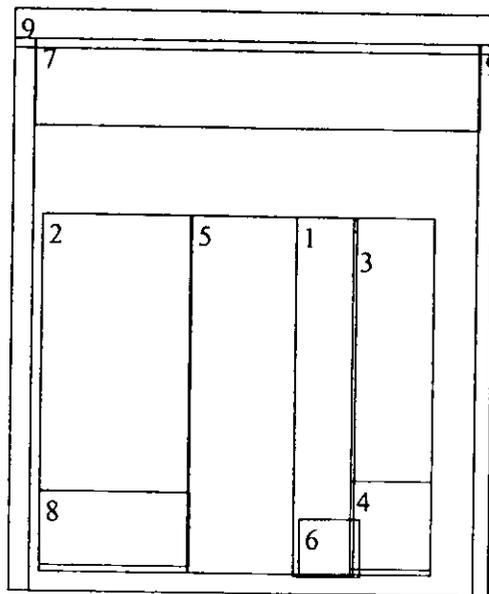
El terreno que ocupa la planta tiene una superficie total de 10,000 metros cuadrados. Este terreno no es totalmente plano, presenta ciertas inclinaciones hacia la entrada con la carretera, e igualmente hacia el área de carga del material.

En lo que respecta al edificio y a las instalaciones, se terminaron de construir las oficinas y baño que se encontraban en obra negra. Se cuenta también con bodega para el almacenamiento de producto terminado, refacciones y material de empaque; así como patios de almacenamiento para la materia prima y áreas para los tanques de diesel y agua.

A continuación se muestra un croquis con la distribución actual de la planta procesadora.

## Distribución de la planta.

- 1.- Area de fabricación.
- 2.- Patio de almacenamiento de materia prima.
- 3.- Area de envasado y bodega de producto terminado.
- 4.- Bodega de herramienta y material de empaque.
- 5.- Area de carga y maniobras.
- 6.- Oficinas y baño.
- 7.- Area de almacenamiento de diesel y agua.
- 8.- Estacionamiento de autos.
- 9.- Areas verdes.



---

Carretera Tehuixtla Tilzapotla Km 6.5

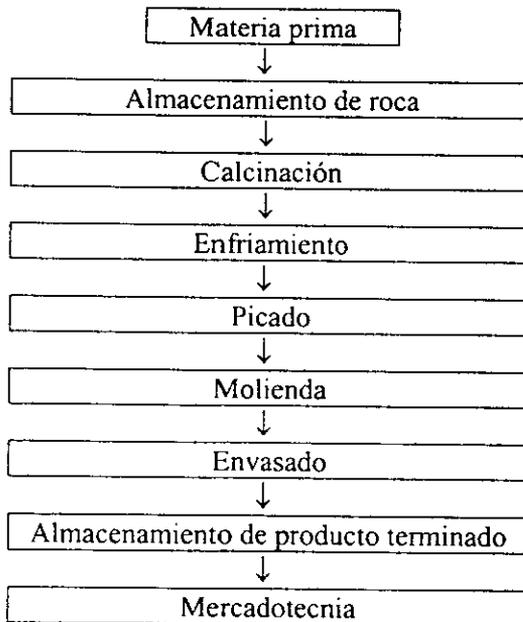
---

A continuación se describen cada una de las etapas del proceso que sigue la roca, especificando el equipo empleado. Así mismo se muestra el ciclo de trabajo y un diagrama de flujo del proceso.

### CICLO DE TRABAJO.

Día	Hora	Actividad	Hrs Trabajadas
Día 1	7 a.m.	Pre calentamiento	1 hora
	8 a.m.	Calcinación	8 horas
	4 p.m.	Enfriamiento	12 horas
Día 2	4 a.m.	Picado	6 horas
	10 a.m.	Molienda, envasado y almacenamiento	Resto del día

### DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO.



### **IV.3. Sistema de Beneficio.**

#### **IV.3.1. Calcinado.**

El proceso de calcinación es la primera etapa del proceso y se considera que inicia a partir del momento en que ingresa el material a los hornos. El material una vez extraído de la mina es conducido al patio de almacenamiento y es después destinado a los hornos.

El objeto de la calcinación es la obtención del hemidrato del sulfato de calcio ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$ ) a partir del yeso natural o del dehidrato y es a este proceso al que el yeso le debe su carácter de aglomerante. Con el incremento de temperatura el yeso cede su agua de cristalización en dos fases.

En la práctica, la temperatura a que tiene lugar el cocimiento depende de la velocidad de calentamiento, de la granulometría y la densidad del yeso utilizado. Como consecuencia de la mala conductividad térmica del yeso, se cuecen con mucha mayor lentitud los granos más grandes.

La diferencia de las superficies expuestas de las piedras de yeso ejerce una mayor influencia sobre la velocidad de deshidratación preferentemente cuando se trabaja con granos gruesos como se hace.

Asimismo la diferencia de las superficies expuestas ejerce una mayor influencia sobre la velocidad de deshidratación cuando se trabaja con granos gruesos que con granos finos.

Una presión de vapor elevada determina una temperatura de descomposición superior. Paralelamente con la presión de vapor con la que se forma el hemidrato, se modifican sus características que determinan algunas de sus propiedades.

El tipo de horno utilizado en la planta es "Horno de Cuba" y se encuentra dentro del grupo de los hornos fijos, caracterizados porque en ellos tiene lugar la calcinación en una atmósfera seca, o que por lo menos no se encuentra saturada de vapor de agua y la roca de yeso está en contacto directo con los gases de la combustión.

Estos hornos son de forma cilíndrica, de eje vertical, se cargan por la parte superior y se vacían por puertas de descarga situadas en la parte inferior. La presión a la que trabajan es la atmosférica.

Para el calcinado se cuenta con dos tanques para diesel de 9,900 litros cada uno, un tanque para agua de 1,000 litros, un tanque estacionario para gas de 2,500 litros y 6 hornos con dimensiones de 4.0 m de altura por 3.0 m de diámetro. En la construcción de los hornos se utilizan roca, arcilla, adobe, varilla y alambrión.

Los hornos solo cuentan con puertas metálicas en su parte inferior, por donde se descarga el material una vez calcinado; estas puertas permanecen cerradas durante el proceso de calcinación.

Antes de iniciar la carga del horno se colocan en el interior 4 rieles a lo largo del diámetro y uno más perpendicular a éstos, a una altura de 1.50 m del piso y que sirven de base o parrilla para evitar que la roca llegue hasta el piso, evitando la sobrecalcinación de la roca y distribuyendo la flama.

La carga se hace de la siguiente manera: se van acomodando aproximadamente 8 toneladas de roca manualmente desde el piso hasta alcanzar la altura de la parrilla y 2 toneladas más en la parte superior de ésta, tratando de eliminar los espacios vacíos y evitar el escape de calor generado durante la calcinación. Posteriormente, el camión descarga 10 toneladas más completando la capacidad del horno. En la parte interna inferior sólo se deja un espacio para introducir el quemador SIEMENS acondicionado por un motor de 2 HP, el cual se conecta a la toma de la tubería del diesel. Ya que se tiene el horno preparado se precalienta el diesel en un tanque apropiado para ello, situado en la parte inferior del área de almacenamiento de los tanques de diesel. El precalentamiento que tiene una duración de una hora, se hace para evitar que el diesel obstruya las tuberías y no llegue hasta el área de calcinado; después se inicia la calcinación con una duración de 8 horas a una temperatura de 96 grados centígrados, siendo regulada por medio de un termómetro situado en la parte interior del horno. Cuando la temperatura desciende, el calcinador regula la flama del quemador hasta alcanzar la temperatura deseada.

#### **IV.3.2. Enfriamiento.**

Terminado el proceso de calcinado, se deja enfriar el horno 12 horas, y antes de extraer la roca debe asegurarse de que esta esté totalmente fría para evitar

quemaduras. La descarga de la roca se hace también manualmente y se va almacenando en el patio inmediato al área de molienda.

#### **IV.3.3. Picado.**

El picado consiste en reducir el tamaño de la roca aproximadamente hasta 10 cm. Esto lo realizan dos personas por turno y se lleva a cabo durante 6 horas, empleando los marros de 1.5 kilogramos de peso.

#### **IV.3.4. Molienda.**

Para este proceso se cuenta con un molino de martillos equipado con 8 martillos de 20 x 6.5 cm y un motor de 25 HP EGM-900.

La alimentación del molino la hace una persona con una pala de mano, quien además se encarga de no saturar el molino. La capacidad del molino es de 8 toneladas por hora aproximadamente.

El producto final se obtiene a un tamaño de 60 mallas, en esta etapa se realizan análisis granulométricos diarios con la finalidad de que la calidad del yeso esté por encima de las demás plantas productoras; además se revisan los martillos para evitar el desgaste excesivo y evitar los gruesos en el producto final. Cada quince días se cambian de posición para que ambas caras tengan el mismo desgaste y cada tres meses se compran piezas nuevas. El material con el que están fabricados es de acero de muelles, con una dimensión de 20 x 6.5 cm, de esta manera se busca reducir el costo, pero a la vez lo incrementa porque el desgaste es excesivo.

#### **IV.3.5. Envasado.**

En esta última etapa del proceso no se cuenta con una envasadora automática, por lo que en la descarga del molino una persona coloca el saco para que se llene, inmediatamente otra persona lo retira y lo pesa para que tenga el contenido requerido (34.5 kg) y después lo amarra con hilo de jarcia y se almacena.

#### **IV.3.6. Producción y almacenamiento.**

Actualmente la producción de la planta procesadora es de 500 toneladas mensuales de yeso comercializable. Esto se logra en un solo turno y laborando 25 días al mes.

Para almacenar se van acomodando los sacos en hileras de 10 x 8 para tener 80 sacos por estiba.

#### **IV.4. Mercadotecnia.**

Tradicionalmente, el consumo nacional aparente de yeso sigue muy de cerca las variaciones que registra la industria de la construcción. Sin embargo desde 1982 se ha venido observando un uso más intensivo del yeso por parte de la construcción dando como resultado crecimientos mayores en el consumo del yeso en las etapas de recuperación de la economía.

Por la elevada inflación registrada a lo largo de 1995 y 1996, se hizo necesaria una revisión más frecuente del precio del yeso y en general de todos los materiales de construcción. Cada industria en lo particular enfrentó aumentos en sus costos.

La actividad de la construcción se desarrolla siempre sobre pedido, por lo que el volumen de la producción de la industria de la construcción es igual a la demanda total que se realiza anualmente. Sin embargo es importante señalar que en materia de vivienda, existe una demanda potencial no satisfecha, lo cual ha generado un déficit creciente en este concepto, a tal grado que la vivienda se ha convertido en uno de los principales problemas que enfrenta el país actualmente.

Un problema básico en la utilización del yeso, es el hecho de que los yacimientos están muy concentrados en áreas determinadas del país, lo que provoca que en zonas alejadas de éstos no lo utilicen dado los elevados costos al gravarse por el pago del transporte, prefiriendo utilizar sustitutos tales como la cal y el cemento.

Para tener acceso al mercado del yeso, se empezó por nombrar y dar asesoría a una persona de la misma sociedad, capacitándolo como agente de ventas. Este se encargaría de visitar clientes potenciales tanto en el área local como foránea; además de mostrar la calidad del yeso se ofrecieron diversos sistemas de pagos.

A continuación se presenta la cartera potencial de posibles clientes, así como una lista referida de las cartas de intención de compra donde se observa el nombre del cliente y el tonelaje que solicita mensualmente. Y por último la lista de precios que manejará la procesadora.

**CARTERA POTENCIAL DE CLIENTES DE LA EMPRESA TILZAYESI,  
SOCIEDAD DE SOLIDARIDAD SOCIAL.**

**Distrito Federal.**

**Dirección.**

Materiales Xochimilco.	Prol. Div del Nte 5340
Casa Palacios.	G.I. Ramírez 6166
Materiales ABC.	Calzada del Hueso 807
Materiales México.	Vallejo 638
Materiales De La O.	Carretera Sta. Ana 278
Materiales Estrella.	Estrella 95
Impulsora del Sur.	Tláhuac 7067
Impulsora del Sur 1.	Tláhuac 7290
Impulsora del Sur 2.	Tláhuac 8010
Materiales Alquiciras.	De Rancho Viejo 3
Materiales Moral.	Periférico Sur 4690
Materiales Froylan.	Las Bombas 815

**Jojutla, Morelos.**

Materiales Galván.	Santo Domingo 312
Materiales Zaragoza.	Orión 3
Materiales San Francisco.	Hidalgo 92

**Tilzapotla, Morelos.**

Materiales Figueroa.	Hidalgo 23
Materiales J. Campos.	Colegio Militar 54
Materiales Arci.	Francisco Mina 87
Tlapalería San Antonio.	El Pueblito 49
Materiales El Consuelo.	San Mateo 98
Casa Buen Día.	Porfirio Díaz 61
Materiales Bermar.	Adolfo López Mateos 35
Materiales Tebar.	Domicilio Conocido.
Materiales San Luis.	Domicilio Conocido.
Materiales la Muralla.	Domicilio Conocido.
Materiales González.	Domicilio Conocido.
Materiales Casas.	Domicilio Conocido.

**Materiales Franco  
Tehuixtla, Tizapotla.**

Domicilio Conocido.

Materiales Solís.  
Materiales Matser.  
Materiales Jacarandas.

Veracruz 121  
Neptuno 230  
La Soledad 34

**Taxco, Guerrero.**

Materiales Trujillo.  
Materiales El Buen Gallo.  
Materiales San Gregorio.  
Casa Guerrero.  
Materiales Buena Vista.

Acueducto 4  
Bolivar 87  
Calle 14  
Africa 39  
Morelos 300

**Cuernavaca, Morelos.**

Materiales Zamora.  
Materiales San Gabriel.

Bugambilias 43  
Bugambilias 22

**Estado de México.**

Materiales Santa Lilia.

Gustavo Baz 245; Estado de México.

## **Lista de precios de la Planta Procesadora Tilzayesi, S. de S.S.**

Precios por tonelada en planta y exterior.

En planta \$136.00

Exterior.

Distrito Federal y área metropolitana.	\$170.00
Cuernavaca.	\$150.00
Jojutla.	\$140.00
Iguala .	\$156.00
Ixtapan.	\$156.00
Tenancingo.	\$150.00
Toluca.	\$170.00
Taxco.	\$150.00
Zacatepec.	\$146.00

Nota: El costo del flete no está incluido en el precio.

**Del estudio de mercado realizado, se procedió a hacer la siguiente lista basándose en las cartas de intención de compra proporcionadas por los posibles clientes.**

<b>Distrito Federal.</b>	<b>Toneladas mensuales.</b>
Materiales Xochimilco.	70
Casa Palacios	17
Materiales ABC.	30
Materiales México.	20
Materiales De La O.	60
Materiales Estrella.	8
Impulsora del Sur	28
Impulsora del Sur 1.	33
Impulsora del Sur 2.	80
Materiales Alquicira.	18
<b>Tilzapotla, Morelos.</b>	
Materiales Figueroa.	16
Sr. Cadeñanes.	3
Sr. Romero.	4
Sra. Hernández.	2
Sr. Contreras.	9
Sra. Luévanos.	5
Tlapalería Fernández.	43
Tlapalería Cosmo.	28
Tlapalería Zafiro.	20
Sr. J. Campos.	15
Sr. Froylan.	7
Materiales Franco.	1
Tlapalería San Antonio.	14
Materiales San Mateo.	25
Casa Buen Día.	11
Materiales Bermar.	13
Materiales Ebar.	24
Materiales San Luis.	42
Tlapalería El Consuelo.	19

<b>Taxco, Guerrero.</b>	
Casa Guerrero.	20
Materiales Trujillo.	18
Materiales el Buen Gallo.	24
<b>Cuernavaca, Morelos.</b>	
Materiales Zamora.	9
<b>Jojutla, Morelos.</b>	
Materiales Galván.	16
Materiales Ojara.	55
<b>Estado de México.</b>	
Materiales Santa Lilia.	18
<b>Total.</b>	<b>825</b>

Nota: Si se deja un extra en almacén de 75 toneladas, es decir un 8.3% que se considere adecuado para cubrir imprevistos se tendrían las 900 ton/mes programadas.

#### IV.5. Formatos.

Los formatos se elaboraron con la finalidad de que el personal tuviera un control de las diversas áreas de la planta y lograr de esta manera una supervisión más correcta. Además de llevar a cabo estadísticas mensuales de la calidad del producto, producción, ventas, gastos e ingresos generados, así se tendrá una visión clara en la administración y manejo de la planta (ver anexo 2).

#### IV.6. Costo de producción.

La capacidad del horno es de 20 toneladas, pero la producción real es del 90% considerando pérdidas por deficiencias en la calcinación debido a la falta de capacitación del personal. Por lo tanto, la producción por horno calcinado es de 18 toneladas.

Con el siguiente desglose de costos (pesos de febrero de 1994).

Concepto	Cantidad	Costo (\$)
Camión de roca		460.00
Cargado de horno		30.00
Calcinación de horno		30.00
Diesel	459 litros	174.42
Gas	10 kg	6.50
Molienda y envasado		120.00
Sacos	580	270.28
Hilo para amarrar		2.00
Luz	18 kwh	10.00
Petróleo	1 litro	2.00
Grasas y lubricantes para molino	500 g	3.00
Refacciones		5.53
Mantenimiento eléctrico/mes		250.00
Total		1,363.73

Por lo tanto si se producen 18 toneladas y se tiene un costo de \$1,363.73. Entonces  $1,363.73/18 = 75.76$

**Costo de producción por tonelada = \$75.76**

## **CAPITULO V. Análisis Financiero.**

### **V.1. Introducción.**

El análisis financiero es el proceso por medio del cual se comprueba la rentabilidad del estudio y sus beneficios a corto, mediano y largo plazo.

En este proyecto el análisis se hará en pesos de febrero de 1994 y se llevará a cabo para los primeros 8 años de vida de la planta que corresponden al pago del préstamo efectuado, manteniendo constantes los ingresos y los costos de operación durante el período por analizar.

El objetivo es demostrar la rentabilidad del proyecto de acuerdo a la inversión total y al período de recuperación de la inversión.

Dentro de este análisis se contempla la estimación del capital de inversión, del crédito, de los costos de operación (que son un reflejo del costo total de los insumos necesarios para la producción y del tonelaje producido por horno) y costos de administración.

Los ingresos se calcularán tomando en cuenta el costo de venta del yeso y el tonelaje producido anualmente.

Posteriormente se calculará la depreciación, flujo neto de efectivo, la tasa interna de retorno y el período de recuperación de la inversión.

Finalmente se realizará el análisis de sensibilidad.

### **V.2. Distribución del capital de inversión.**

Origen de los recursos	<b>Financiamiento</b>	\$853,779
	<b>Capital Social</b>	\$ 15,420

El capital de inversión considera \$853,779 que es el financiamiento hecho por las instituciones, además del capital social aportado por los socios \$15,420. Así de esta manera se tiene un total de \$869,199 que es la cantidad que se manejará como inversión total.

Costo en pesos de febrero de 1994.

<b>Inversión Total</b>	<b>869,199</b>
Planta Procesadora	240,000
Camión DINA	235,000
Infraestructura	44,680
Terreno	3,500
Herramienta	2,840
Mobiliario	2,667
Línea Telefónica	2,000
Capital de Trabajo	338,512

#### V.2.1. Capital Social y Financiero.

Las instituciones Fideicomiso de Fomento Minero, Sociedad de Desarrollo Rural, Solidaridad y Capital de Riesgo y Convenios de Solidaridad Social, hicieron el préstamo de \$853,779.00 a la Sociedad de Solidaridad Social Tilzayesi; bajo el siguiente convenio.

Condiciones del convenio.

Principal	853,779
Tasa de interés anual	17.53%
Tiempo de duración del préstamo	8 años
Periodos de pago del principal	Trimestral
Pago de intereses	Mensual

### Análisis del crédito.

Año	Capital Insoluto al final del periodo (\$)	Pago de intereses (Tasa de interés anual sobre saldos insolutos 17.53%)	Pago del principal (\$)	Pago total (\$)
1	853,779	149,667	106,722	256,389
2	747,057	130,959	106,722	237,681
3	640,335	112,251	106,722	218,973
4	533,613	93,542	106,722	200,264
5	426,891	74,834	106,722	181,556
6	320,169	56,125	106,722	162,847
7	213,447	37,417	106,722	144,139
8	106,722	18,708	106,722	125,430

### V.3. Gastos administrativos y costos de producción (\$).

Personal administrativo (4 personas)	6,000.00
Velador (1 persona)	600.00
Teléfono	255.00
Gasolina/diesel/casetas	500.00
Gastos de viaje	2,000.00
Papelería	2,000.00
Total	11,355.00/mes
Costos de administración anual	136,260.00

Resumen de costos de operación para los primeros 8 años de vida de la planta.

Año	Costo/Ton	Costo Total (\$)
1	75.76	818,208
2	75.76	1,227,312
3	75.76	1,472,774
4	75.76	1,636,416
5	75.76	1,636,416
6	75.76	1,636,416
7	75.76	1,636,416
8	75.76	1,636,416

#### V.4. Estimación de la producción anual de yeso y análisis de los ingresos anuales.

Producción anual de yeso en toneladas.

Año	Producción
1	10,800
2	16,200
3	19,440
4	21,600
5	21,600
6	21,600
7	21,600
8	21,600

Precio de la tonelada de yeso = \$136.00

Es importante señalar y comparar que los precios de venta del yeso están dentro del rango señalado por la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo, publicados el 5 de agosto de 1997 en el Diario Oficial, esto da pie a que la Empresa pueda participar en las licitaciones para concursos de construcción, obras públicas, etc.

La Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo es la encargada de regular los precios de ciertos materiales de construcción, porque es la que tiene que vigilar las licitaciones para organismos descentralizados y vigilar que los concursos se desarrollen de manera transparente.

## Estimación de los ingresos anuales.

Año	Ingresos (\$)
1	1,468,800
2	2,203,200
3	2,643,840
4	2,937,600
5	2,937,600
6	2,937,600
7	2,937,600
8	2,937,600

## V.5. Depreciación.

Es la declinación en el valor de los bienes de capital con el transcurso del tiempo.

La depreciación de los equipos se estimará por el método de línea recta sin considerar el valor de rescate.

Equipo	Periodo de depreciación en años	Año 1 (\$)	Año 2 (\$)	Año 3 (\$)	Año 4 (\$)	Año 5 (\$)	Año 6 (\$)	Año 7 (\$)	Año 8 (\$)
Planta Procesadora	8	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
Camión DINA	8	29,375	29,375	29,375	29,375	29,375	29,375	29,375	29,375
Herramienta	8	355	355	355	355	355	355	355	355
Mobiliario	8	333	333	333	333	333	333	333	333
Totales		60,063	60,063	60,063	60,063	60,063	60,063	60,063	60,063

## V.6. Análisis Financiero.

Flujo Neto de efectivo.

Año	1	2	3	4	5	6	7	8
Ingresos por ventas	1,468,800	2,203,200	2,643,840	2,937,600	2,937,600	2,937,600	2,937,600	2,937,600
Costos de operación	818,208	1,227,312	1,472,774	1,636,416	1,636,416	1,636,416	1,636,416	1,636,416
Utilidad bruta	650,592	975,888	1,171,066	1,301,184	1,301,184	1,301,184	1,301,184	1,301,184
Gastos de administración	136,260	136,260	136,260	136,260	136,260	136,260	136,260	136,260
Gastos financieros	256,389	237,681	218,973	200,264	181,556	162,847	144,139	125,430
Depreciación	60,063	60,063	60,063	60,063	60,063	60,063	60,063	60,063
Utilidad de operación	197,880	541,884	755,770	904,597	923,305	942,014	960,722	979,431
ISR en 34%	67,279	184,240	256,962	307,563	313,924	320,285	326,645	333,006
RTU en 10%	19,788	54,188	75,577	90,460	92,330	94,201	96,072	97,943
Utilidad neta	110,813	303,456	423,231	506,574	517,051	527,528	538,005	548,482

Cálculo de la tasa interna de retorno.

Valor presente.

Se calculará utilizando la siguiente expresión: 
$$C = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{Ik}{(1+i)^n} \right]$$

Donde

- C = capital de inversión
- I = utilidad neta
- i = tasa de rentabilidad
- n = número de años
- k = constante

Se hicieron diversas sumatorias utilizando diferentes tasas de rentabilidad, se presenta la tabla con los cálculos correspondientes a una tasa interna de rentabilidad del 36% que fue la más próxima al capital de inversión.

Año	Valor presente 36%
1	81,480
2	164,030
3	168,618
4	148,121
5	111,194
6	83,338
7	62,559
8	46,879

Total	866,219
Inversión	869,199
VP	-2,980

Periodo de recuperación de la inversión.

Es el número de años que deben transcurrir antes de recuperar la inversión.

Año	Flujo neto de efectivo	Diferencia acumulada
0	0	-869,199
1	110,813	-758,386
2	303,456	-454,930
3	423,231	-31,699
4	506,574	474,875
5	517,051	991,926
6	527,528	1,519,454
7	538,005	2,057,459
8	548,482	2,605,941

El periodo de recuperación de la inversión es de 4 años.

## V.7. Análisis de Sensibilidad por el Método de Costos Nivelados.

Análisis con variación en los costos.

+ 20 %	+ 10 %	0	- 10 %	- 20 %
115.00	105.00	95.97 \$/Ton	86.00	77.00

Análisis con variación en la producción.

+ 20 %	+ 10 %	0	- 10 %	- 20 %
80.00	87.25	95.97 \$/Ton	106.00	120.00

Como se ve, si se varían los costos y se mantiene constante la producción, el costo por tonelada permanece proporcional; en cambio si disminuye la producción y se mantienen constantes los costos, el proyecto presenta un marcado efecto negativo.

Análisis de sensibilidad con la tasa interna de retorno generada, que en este caso fue de 36%

+36%	0	-36%
141.00 \$/Ton	104.00 \$/Ton	66.00 \$/Ton

+36 %	0	-36 %
76.00 \$/Ton	104.00 \$/Ton	162.00 \$/Ton

En este caso, el análisis demuestra que no es posible disminuir la producción ya que el proyecto es muy sensible en esta parte.

Para concluir el capítulo se hará una breve sinopsis de los resultados obtenidos.

El análisis se hizo para los primeros 8 años de vida del proyecto que corresponden al pago del préstamo efectuado.

La inversión total del proyecto fue de \$869,199.00, misma que se recuperará en 4 años.

La tasa interna de retorno generada es de 36%, superior a la tasa de interés que otorgan las instituciones financieras la cual es de 17.53%, lo que hace al proyecto atractivo.

Al efectuar el análisis de sensibilidad por el método de costos nivelados, se llegó a las siguientes conclusiones: si se varían los costos y se mantiene constante la producción, el costo por tonelada permanece proporcional; en cambio si disminuye la producción y se mantienen constantes los costos, el proyecto presenta un marcado efecto negativo. Por lo tanto se concluye que el proyecto es especialmente sensible a la disminución de la producción por lo que tendrá que ponerse especial cuidado en no bajarla, manteniendo un nivel de crecimiento que garantice un equilibrio proporcional en los costos.

## **CAPITULO VI. Conclusiones y Recomendaciones.**

### **VI.1. Conclusiones.**

Desde el punto de vista de la inversión, la instalación de una planta con las características anteriormente expuestas es atractiva para el inversionista porque es de bajo capital y riesgo, pues la inversión se recupera en el corto plazo. Además la rentabilidad operativa sobre la inversión total es relativamente alta.

El capital invertido en la realización del proyecto fue de \$869,199.00 (Ochocientos sesenta y nueve mil ciento noventa y nueve pesos 00/100 M.N.) de febrero de 1994; el período de recuperación calculado para la inversión es de 4 años.

La tasa interna de retorno (TIR) estimada fue de 36%, superior a la tasa de interés que otorgan la institución financiera que es de 17.53%.

Finalmente el objetivo propuesto de aumentar al producción de 500 a 900 toneladas mensuales se llevó a cabo.

La puesta en operación de la planta permitió ampliar y consolidar las fuentes de trabajo y contribuir al crecimiento económico de la región además de producir satisfactores para un mercado tan importante desde el punto de vista social, como es el de la habitación.

Hacer el estudio de este proyecto fue de gran utilidad, porque se encontraron una serie de aplicaciones a conceptos básicos de ingeniería durante el análisis del proceso de fabricación, así como algunas consideraciones de orden ecológico y de seguridad. Además permite aplicar una serie de elementos económico-financieros para la toma de decisiones.

### **VI.2. Recomendaciones.**

En la producción se interrumpe el ciclo debido a la falta de insumos (combustóleo, mangueras, rieles, gas, etc.), esto hace que la producción no sea la adecuada y en casos extremos tienda a bajar por lo que se recomienda sistematizar su adquisición.

En lo que respecta al sistema eléctrico, este sigue ocasionando demoras aunque de corta duración, lo cual retrasa la producción programada, rompe los horarios normales de los trabajadores e incrementa el deterioro de los motores eléctricos.

Los dos puntos anteriores se traducen en un aumento de los costos de producción, pérdida en los objetivos programados y el incumplimiento con los clientes, con la consecuente pérdida financiera.

Efectuar el estudio de los materiales adecuados para los hornos. Las ventajas que reporta la utilización de estos materiales es entre otras, el ahorro en el gasto de combustible y una mejora en la calidad de producto. Así con una temperatura de calcinación constante se logra una humedad uniforme que repercute en el tiempo de fraguado del yeso.

Los diferentes procesos de la fabricación del yeso son los que provocan los polvos y gases que son desprendidos en forma de sulfuros; éstos se constituyen como uno de los daños a los que se enfrenta el trabajador. Se pueden evitar con el empleo de medios adecuados como: mascarillas, sistemas de extracción, y dispositivos de absorción.

## **BIBLIOGRAFIA.**

- Atlas de México, S.A. de C.V. Manual Técnico de Explosivos ICI.
- Benitez Pedro Luis (1987). "Equipo de Trituración". Memorias del Congreso de Ingenieros Civiles de México, Colegio de Ingenieros Civiles de México.
- Dana Edward S. y William E. Ford. Tratado de Mineralogía.
- Diario Oficial de la Federación. (Publicado el 5 de agosto de 1997). Primera Sección. México, D.F.
- Dupont. Manual para el Uso de Explosivos. (1987). Tercera edición en español. México.
- Fries C. Jr. y J. Pantoja. (1966). Hoja Geológica Cuernavaca. Serie 1:100 000. Instituto de Geología, UNAM.
- Hammond W.A. (1980). "Gypsum". Philadelphia, Minerals Year Book of América.
- Heilbroner L. Robert y Thurow C. Lester. (1984). Economía. Séptima Edición. Prentice Hall.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. Geología de la Republica Mexicana. (1984). México. Facultad de Ingeniería, UNAM.
- Kennedy. B. A. Surface Mining 2nd. Edition.
- Komatsu LTD. Manual de Especificaciones y Aplicaciones. (1987). Décima Edición. México.
- Langefors U. y Kihlstrom B. (1976). "Técnica Moderna de Voladura de Rocas". Traducido por Huidobro J.J., Tornos J., Arrospide J. Urmo, S.A. de Ediciones. Primera Edición en español. España.
- López Ramos. E. (1979). Geología de México, Tomo III. México.
- P.W. Harben and M. Kuzuart. Global Geology. Industrial Minerals.

Ramírez Padilla. D.N. (1985). Contabilidad Administrativa, México, Mc Graw-Hill.

Secretaría de Gobernación y Gobierno del estado de Morelos. Los Municipios de Morelos. (1988). Colección Enciclopedia de los Municipios del Estado de Morelos. 1a. Edición.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1**

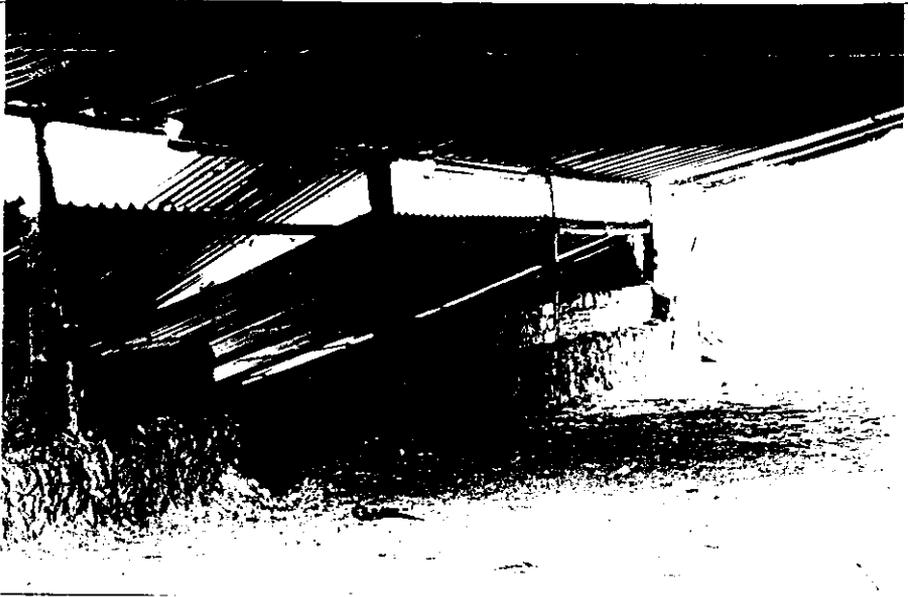
# **FOTOGRAFIAS DE LA PLANTA PROCESADORA Y DEL TAJO COAXITLAN**



Tanque estacionario para gas y tinaco para agua potable.



Almacenamiento de roca y tanques para combustoleo.



Patio de picado de producto calcinado "yeso".



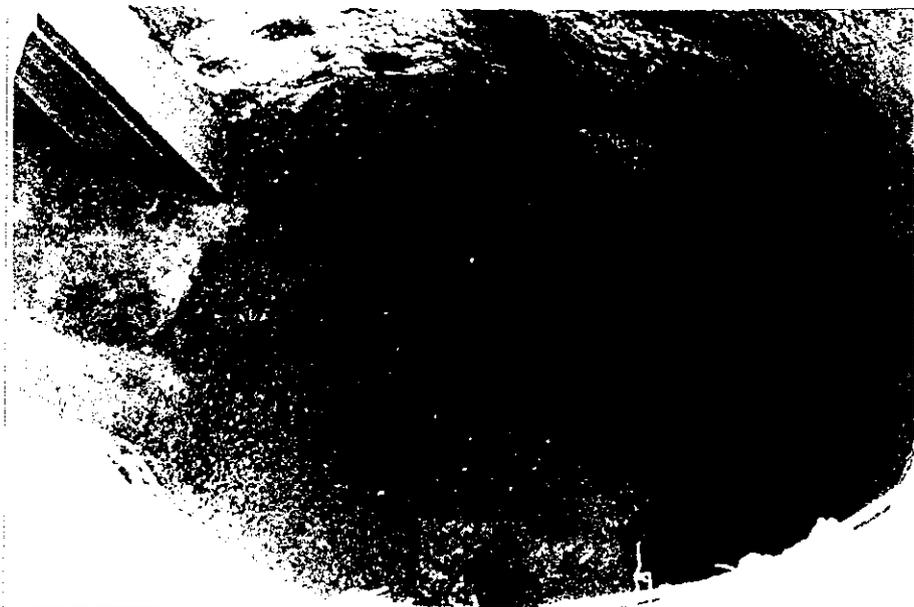
Ventilador del generador.



Horno de calcinación, vista externa superior.



Hornos de calcinación, vista frontal.



Vista superior de horno de calcinación sin carga.



Vista superior del horno con carga

Horno de calcinación, posterior a la calcinación.



Molino y envasado de producto final





Patio de almacenamiento de roca y oficinas.



Explotación del tajo.

**ANEXO 2**

**FORMATOS**

## BITACORA DE OPERACION Y MANTENIMIENTO.

Horno de calcinación número

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

Combustible utilizado: \_\_\_\_\_

Fecha	Horas de operación	Características del humo (color)	Duración de la emisión	Observaciones
		N B		

Descripción del mantenimiento realizado:


Nombre del supervisor: \_\_\_\_\_

## DATOS ESTADISTICOS DIARIOS DE PRODUCCION.

Fecha: \_\_\_\_\_

Area de cargado, calcinado, picado, molienda y envasado.

Número de hornos cargados:
No. de horas trabajadas:
Tiempos muertos (descanso, reparación, etc.):
Tiempo efectivo de trabajo en el cargado de hornos:
Productividad toneladas/hombre:
Hora de inicio de actividades:

Número de hornos calcinados:
No. de horas trabajadas:
Tiempos muertos (descanso, reparación, etc.):
Tiempo efectivo de trabajo en el calcinado de hornos:
Productividad toneladas/hombre:
Hora de inicio de actividades:

Número de hornos picados:
Tiempos muertos (descanso, reparación, etc.):
No. de horas trabajadas:
Tiempo efectivo de trabajo en el picado de hornos:
Productividad toneladas/hombre:
Hora de inicio de actividades:

Número de toneladas molidas:	No. de toneladas envasadas:
Tiempos muertos (descanso, reparación, etc.):	
No. de horas trabajadas:	
Tiempo efectivo de trabajo en molienda y envasado:	
Productividad toneladas/hombre:	
Hora de inicio de actividades:	

Observaciones: \_\_\_\_\_

Jefe de producción: \_\_\_\_\_

## ANALISIS GRANULOMETRICO DEL PRODUCTO FINAL.

Fecha: \_\_\_\_\_

Número de mallas	Apertura de la malla (mm)	Apertura de la malla (micrones)	Tamaño medio de la partícula (micrones)	Peso retenido (gramos)

## CONTROL DE SALIDA DEL MATERIAL.

Fecha:
Hora de cargado:
Hora de salida:
Toneladas cargadas:
Revisó la carga el chofer: Si ( ) No ( )
Destino del camión:
Lugar de entrega de la carga y cantidad entregada:
Total de gastos de viaje (caseta, diesel, gasolina, infracciones, etc.):
Observaciones:
Nombre y firma del chofer:

## VALE DE MATERIA PRIMA.

Vale número:
Fecha:
Bueno por:            viaje(s) de roca:
Nombre y firma del chofer:
Nombre y firma de quien recibe y/o autoriza:

### ESTADISTICA MENSUAL DE VENTAS.

Cliente	Ton. vendidas	Precio unitario	Debe	Haber	Saldo
Totales					

### CONTROL DE VENTAS.

Fecha	Cliente	Toneladas	Precio unitario \$/ton	Flete \$/ton	Total a pagar \$	Fecha de pago	A cuenta \$	Saldo \$

### VALE DE MATERIA PRIMA.

Vale número:
Fecha:
Bueno por:            viaje(s) de roca:
Nombre y firma del chofer:
Nombre y firma de quien recibe y/o autoriza:

## REQUISICION DE COMPRA.

Empresa: \_\_\_\_\_

No. \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Cantidad	Unidad	Descripción	Observaciones

Solicitó

Vo. Bo.

Autorizó

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

## VALE POR SERVICIOS MEDICOS.

Nombre del médico:
Nombre del paciente:
Nombre del trabajador:
Parentesco:
Autorizó
Fecha:

## REPORTE SEMANAL DE GASTOS.

Fecha: \_\_\_\_\_ Nombre del empleado: \_\_\_\_\_ No. placas: \_\_\_\_\_

Vehículo: \_\_\_\_\_ Departamento: \_\_\_\_\_

Concepto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo	Total
Totales								

Vo. Bo.

Elaboró

Jefe Inmediato

Autorizó

## CONTRATACION Y CONTROL DE SEGUROS Y FIANZAS.

Equipo	Vigencia	Forma de pago	Prima total	Primer pago	Pago subsecuente	Fecha

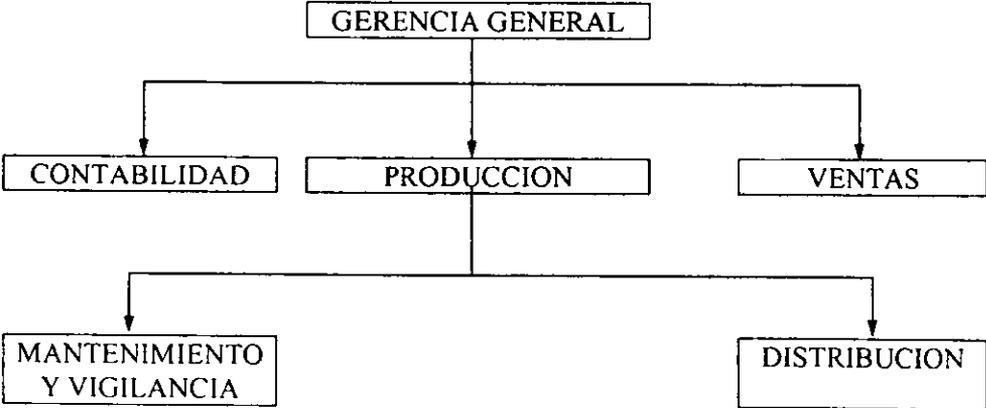
**ANEXO 3**

**ORGANIGRAMA**

Toda empresa requiere de una organización administrativa para crear una jerarquía y en un momento dado evitar problemas de mando. A continuación se muestra el organigrama propuesto de la

**Empresa Yesera Tilzayesi Sociedad de Solidaridad Social.**

**ORGANIGRAMA**



**ANEXO 4**

**INVENTARIO**

## **Inventario de equipo, herramienta e infraestructura para la Planta Procesadora de Yeso Tilzayesi, Sociedad de Solidaridad Social.**

### **Mobiliario.**

- 1 pizarrón.
- 1 escritorio.
- 1 archivero.

### **Equipo de transporte.**

- 1 camión Dina modelo 1994 con capacidad para 10 toneladas.

### **Obra civil.**

- Techumbre de hornos.

### **Maquinaria y equipo.**

- 1 molino de martillos acondicionado por un motor de 25 HP EGM-900.
- 2 quemadores Garcón para 700 mill de kcal/hr de diesel y motor de 1 HP de 4 polos.
- 2 tanques para almacenar combustible de 9,000 litros cada uno.
- 2 tanques de gas de 40 litros.
- 1 báscula de 120 kg de capacidad marca Torino.
- 1 inyector de aire.
- 1 bomba de 7.5 HP marca Valley PUM Group
- 1 ventilador de alta presión para el quemador de 1,500 m<sup>3</sup>/hr.

### **Equipo eléctrico.**

- Subestación eléctrica con transformador de 45 kva.

### **Herramienta menor.**

- 3 marros de 0.5 kg
- 3 carretillas.
- 3 palas carboneras.
- 3 llaves españolas (5/8" - 11/16", 19/32").
- 1 llave steelson de 18".
- 1 marro de 4 kg.
- 2 llaves steelson de 14".
- 2 llaves pericas de 12"
- 1 pinza de presión.
- 3 desarmadores planos.

3 desarmadores de cruz.

3 pinzas de punta.

**Instalaciones industriales.**

Bardas de mampostería, piso de concreto, columnas de concreto, techumbre de cartón y lámina, dos cuartos de  $2 \times 2$  m<sup>2</sup> cada uno, en obra negra.

Superficie estimable de terreno: 10,000 m<sup>2</sup> bajo régimen de tenencia ejidal en forma regular.

Nave de hornos de mampostería con capacidad para 20 toneladas cada uno.