

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI

FACULTAD DE INGENIERIA

**"GEOLOGIA ECONOMICA DE LOS MATERIALES PARA CONSTRUCCION
USADOS EN LA CIUDAD DE SAN LUIS POTOSI."**

TRABAJO RECEPCIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO GEOLOGO
PRESENTAN

**FAUSTO GONZALEZ SEGURA
DIEGO FERNANDEZ BALDERAS**

SAN LUIS POTOSI, S.L.P.,

1990



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
FACULTAD DE INGENIERIA
DR. MANUEL NAVA 8 TELEFONO 3-11-86
C. P. 78290
SAN LUIS POTOSI, S.L.P., MEXICO

ABRIL 20, 1989

Al Pasante Sr. Diego Fernández Balderas
P r e s e n t e . -

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a Usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Facultad de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geólogo, al Sr. Ing. Eduardo Aguilar Pelayo. Así como el Título propuesto para el mismo es:

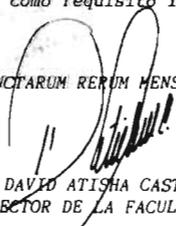
" GEOLOGIA ECONOMICA DE LOS MATERIALES PARA CONSTRUCCION USADOS EN LA CD. DE SAN LUIS POTOSI "

TEMARIO:

- I.- INTRODUCCION
- II.- GEOLOGIA ECONOMICA
- III.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- IV.- DIRECTORIO

Ruego a Usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

" MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO "


ING. DAVID ATISHA CASTILLO
DIRECTOR DE LA FACULTAD

••mvm.



UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI
FACULTAD DE INGENIERIA
DR. MANUEL NAVA 8 TELEFONO 3-11-86
C.P. 76290
SAN LUIS POTOSI, S.L.P., MEXICO

ABRIL 20, 1989

Al Pasante Sr. Fausto González Segura
Presente. -

En atención a su solicitud relativa me es grato indicar a Usted que el H. Consejo Técnico Consultivo de la Facultad de Ingeniería ha designado como Asesor del Trabajo Recepcional que deberá desarrollar en su Examen Profesional de Ingeniero Geólogo, al Sr. Ing. Eduardo Aguilar Pelayo. Así como el Título propuesto para el mismo es:

" GEOLOGIA ECONOMICA DE LOS MATERIALES PARA CONSTRUCCION USADOS EN LA CD. DE SAN LUIS POTOSI "

TEMARIO:

- I.- INTRODUCCION
- II.- GEOLOGIA ECONOMICA
- III.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
- IV.- DIRECTORIO

Ruego a Usted tomar debida nota de que en cumplimiento con lo especificado por la Ley de Profesiones debe prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar su Examen Profesional.

" MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO "

ING. DAVID ATISHA CASTILLO
DIRECTOR DE LA FACULTAD

MVS

DIEGO FERNANDEZ BALDERAS

A MIS PADRES:

PROF. ROLDAN FERNANDEZ LARRAGA qepd

MA. ELENA BALDERAS VDA. DE FDEZ.

A MIS HERMANOS:

ROLDAN, RAUL Y JUANA

CON CARINO A MI ESPOSA ZEILA

Y A NUESTRO PRIMER HIJO

QUE ESTA POR NACER

A LA UASLP, A MIS MAESTROS Y A MIS COMPAÑEROS

FAUSTO GONZALEZ SEGURA

A MIS PADRES:

HERMENEGILDO GONZALEZ HERNANDEZ

JUANA SEGURA DE GONZALEZ

A MIS HERMANOS

A LA UASLP, A LA FACULTAD DE INGENIERIA Y A SU AREA
CIENCIAS DE LA TIERRA

A MIS COMPAÑEROS

A TODOS MIS AMIGOS

AGRADECIMIENTOS

AGRADECEMOS ATENTAMENTE A LAS AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE SAN LUIS POTOSI Y AL PERSONAL DOCENTE DEL AREA CIENCIAS DE LA TIERRA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA, ASI COMO AL GOBIERNO DEL ESTADO Y A SU DEPARTAMENTO DE FOMENTO MINERO, QUIENES NOS BRINDARON SU APOYO Y NOS PROPORCIONARON INFORMACION QUE CONTRIBUYO A LA REALIZACION DE ESTE TRABAJO.

ESPECIALMENTE AGRADECEMOS AL ING. E. ALFONSO AGUILAR PELAYO, QUIEN NOS ORIENTO Y AYUDO AMPLIAMENTE PARA QUE SE LLEVARA A CABO EL PRESENTE ESTUDIO, EL CUAL NO HUBIERA SIDO POSIBLE SIN SU COLABORACION.

FINALMENTE AGRADECEMOS A TODAS LAS PERSONAS QUE DE UNA U OTRA FORMA CONTRIBUYERON A LA ELABORACION DE ESTE TRABAJO.

C O N T E N I D O

	PAGS.
CAPITULO I. INTRODUCCION	1
IA. Objetivo	2
IB. Generalidades.	2
IC. Antecedentes	3
ID. Método de trabajo.	3
IE. Geografía y vías de comunicación	4
IF. Fisiografía y Geomorfología.	5
IG. Geología Histórica	6
 CAPITULO II. GEOLOGIA ECONOMICA	 8
IIA. Rocas Sedimentarias	10
A1. Definición.	10
A2. Yeso.	10
A2-1 Geología	10
A2-2 Localización	11
✓ A2-3 Propiedades Físicas y Químicas	12
✓ A2-4 Proceso.	12
✓ A2-5 Maquinaria	18
✓ A2-6 Usos y Derivados	18
A2-7 Producción y Mercado	19
A3. Calizas	20
A3-1 Geología	20
A3-1-1 Cal.	23
A3-1-2 Localización	23
A3-1-3 Propiedades Físicas y Químicas	23
A3-1-4 Proceso.	24
A3-1-5 Maquinaria	27
A3-1-6 Usos y Derivados	29
A3-1-7 Producción, Mercado y Costos	29
A3-2 Triturados	31
A3-2-1 Localización	31
A3-2-2 Propiedades Físicas y Químicas	31
A3-2-3 Proceso.	33
A3-2-4 Maquinaria	34
A3-2-5 Usos	37
A3-2-6 Mercado y Costos	38
A4. Arena	39
A4-1 Geología	39
A4-2 Localización	39

A4-3	Propiedades Físicas y Químicas	40
A4-4	Extracción y Proceso	40
A4-5	Usos	43
A4-6	Mercado y Costos	43
A5.	Arcilla	44
A5-1	Geología	44
A5-2	Localización	44
A5-3	Propiedades Físicas y Químicas	45
A5-4	Extracción y Proceso	47
A5-5	Usos	48
A5-6	Mercado y Costos	48
A6.	Cemento	49
A6-1	Introducción	49
A6-2	Localización	49
A6-3	Propiedades Físicas y Químicas	49
A6-4	Proceso.	50
A6-5	Variedades del Cemento	52
A6-6	Mercado.	53
IIB.	Rocas Igneas.	54
B1.	Definición.	55
B2.	Tobas e Ignimbritas	55
B2-1	Geología	56
B2-2	Localización	56
B2-3	Propiedades Físicas y Químicas	57
B2-4	Extracción	57
B2-5	Proceso.	61
B2-6	Maquinaria	61
B2-7	Mercado y Costos	64
IIC.	Rocas Metamórficas.	66
C1.	Definición.	67
C2.	Mármol.	67
C2-1	Geología	67
C2-2	Localización	68
C2-3	Propiedades Físicas y Químicas	68
C2-4	Proceso.	70
C2-5	Maquinaria	71
C2-6	Mercado.	73

	PAGS.
CAPITULO III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
CAPITULO IV. DIRECTORIO	80
Bibliografía	87
Indice de Fotos.	88
Anexo de Planos.	90

CAPITULO I

I N T R O D U C C I O N

I.- INTRODUCCION

IA.- OBJETIVO

El presente trabajo tiene por objeto el dar a conocer la manera en que las rocas y minerales que más comunmente se utilizan en la industria de la construcción en la Cd. de San Luis Potosí son extraídos, procesados y comercializados. Además se pretende promover las aplicaciones que tiene la Geología dentro de ésta rama y las ventajas que puede tener el empleo de esta ciencia para establecer una explotación bien planeada de las materias primas y llevar a cabo la manufactura de ellas con los mejores rendimientos y la más alta calidad de los productos.

IB.- GENERALIDADES

Desde el punto de vista de la Geología existen tres tipos generales de rocas que son: rocas sedimentarias, ígneas y metamórficas. En la siguiente tabla se clasifican los materiales de construcción que abarca este trabajo de acuerdo al tipo de roca al que pertenecen:

Rocas Sedimentarias	Yeso
	Cal
	Triturados
	Arena *
	Arcilla *
Rocas Igneas	Cemento
	Tobas
	Ignimbritas
Rocas Metamórficas	Mármol

San Luis Potosí es una ciudad en crecimiento y año con año consume enormes cantidades de materiales para la construcción. Afortunadamente existen suficientes materias primas en un radio no mayor de 100 Kms. a la redonda que facilitan el abastecimiento. La explotación de éstos recursos se hace a cielo abierto, en varios casos es muy similar a la explotación de yacimientos minerales, pero aunque la extracción y procesamiento de los materiales para la construcción cae dentro del campo de la Geología, casi no se aplica

* Están dentro de un proceso de sedimentación pero provienen de rocas ígneas.

esta ciencia y los trabajos que se llevan a cabo en la mayoría de los casos en forma empírica.

Los factores que intervienen en la ubicación de una planta son: mercado, transporte, vías de comunicación, suministro de combustibles y energía eléctrica, mano de obra y condición legal del terreno.

La maquinaria empleada en la industria de las rocas y minerales usados en la construcción es muy variada, empleándose desde marros, cuñas y hornos rudimentarios, hasta sistemas de trituración y calcinación muy modernos.

La importancia primordial de los materiales para la construcción no es precisamente su valor unitario que es muy bajo, sino las grandes cantidades que se extraen y procesan, llegando a tener una enorme importancia económica y social.

IC.- ANTECEDENTES

Los estudios para los materiales de construcción realizados en esta región son muy pocos y difíciles de conseguir porque la mayoría de ellos no se han publicado.

En los años de 1962 y 1974 respectivamente, se estudiaron algunas regiones del Estado para la instalación de plantas productoras de yeso, cal, cemento y ladrillos.

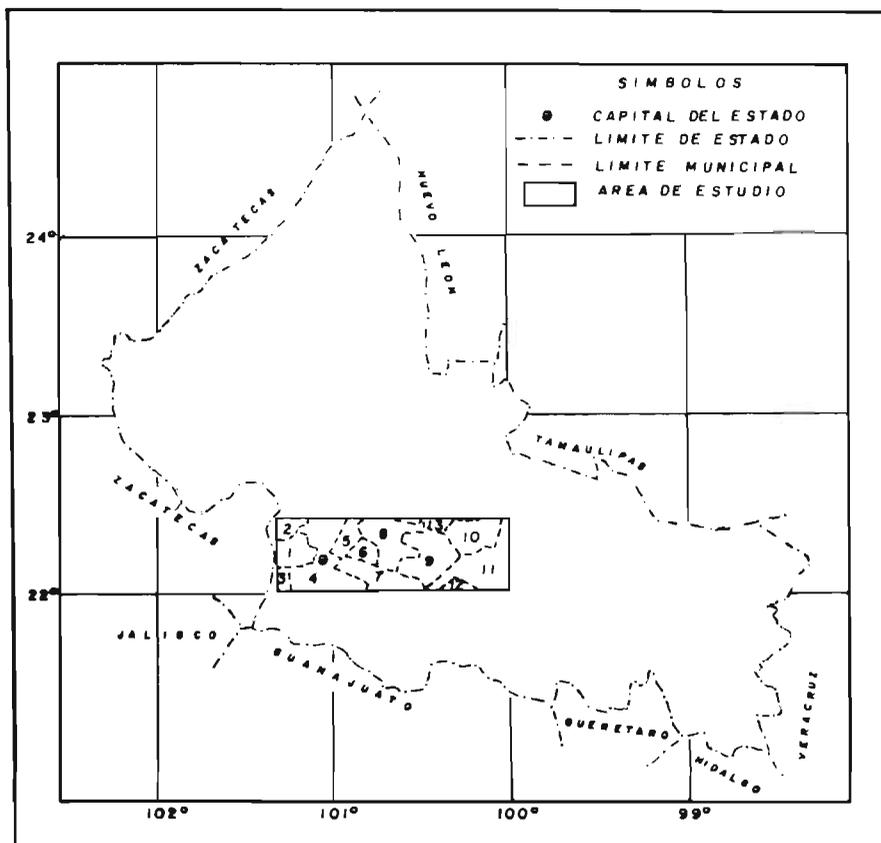
En 1986 la Dirección de Fomento Minero del Estado elaboró dos estudios-proyectos, uno sobre las posibilidades y alternativas para la instalación de plantas productoras de cemento, cal, yeso y el otro con miras a impulsar la producción de cantera y ayudar a ampliar su mercado.

El Instituto de Geología de la UASLP, por su parte, ha publicado varios boletines técnicos del Estado de San Luis Potosí. Estas obras son muy importantes, pues marcan las pautas geológicas para estudios económicos.

ID.- METODO DE TRABAJO

Las investigaciones realizadas se hicieron mediante el método directo, apoyados con la bibliografía que se menciona al final. Se visitaron los bancos de extracción y plantas de procesamiento; se entrevistaron a los dueños, gerentes y empleados; y se tomaron fotografías y transparencias para mostrar la forma en que operan estas industrias.

Para la elaboración del plano general se utilizó la hoja geológica F-14-4 de CETENAL escala 1:250 000 y el mapa geológico del Folleto Técnico no. 85 del Instituto de Geología de la UASLP.



MUNICIPIOS

- 1.- MEXQUITIC
- 2.- ANUALULCO
- 3.- VILLA DE ARRIAGA
- 4.- SAN LUIS POTOSÍ
- 5.- S. DIEZ GUTIERREZ
- 6.- C. SAN PEDRO
- 7.- V. ZARAGOZA
- 8.- ARMADILLO
- 9.- SAN NICOLAS T
- 10.- V. JUAREZ
- 11.- RIO VERDE
- 12.- CD. FERNANDEZ
- 13.- CERRITOS

U A S L P
FACULTAD DE INGENIERIA
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA

TRABAJO RECEPTACIONAL

PLANO DE LOCALIZACION

FAUSTO GONZALEZ
DIEGO FERNANDEZ

LAM 1

1986

IE.- GEOGRAFIA Y VIAS DE COMUNICACION

La capital del estado de San Luis Potosí está situada a los 22°09'38" de Latitud Norte, 100°58'38" de Longitud Oeste y 1877 m.s.n.m., está localizada en el Valle de San Luis Potosí que se encuentra limitado al Sur por las derivaciones de la Sierra de San Miguelito; al Poniente por la Sierra de Escalerillas y las Lomas de la Presa de San José; al Norte por la Sierra de Bocas; y al Oriente por la Sierra de Alvarez.

El clima es templado, la temperatura media anual es de 17.6°C y la humedad media del aire es de 0.64 . La lluvia es escasa, con promedio de precipitación anual de 361 mm. Las heladas suelen caer entre Noviembre y Marzo. Excepcionalmente los ciclones que se abaten en el Golfo provocan inundaciones. La temporada de lluvia normalmente es entre Abril y Septiembre.

Area de estudio y acceso.- El área se encuentra rodeando a la Cd. de San Luis Potosí, limitada por las coordenadas 22°00' a 22°30' de latitud Norte y 100°00' a 101°15' de longitud Oeste. Comprende 13 municipios, como se ve en la lámina no. 1. Las principales vías de acceso que atraviezan el área de estudio y llegan a la capital son:

CARRETERAS:

- No. 80 San Luis-Guadalajara
- No. 86 San Luis-Tampico
- No. 57 San Luis-Salttillo
- No. 49 San Luis-Zacatecas
- No. 57 San Luis-Querétaro

VIAS FERREAS:

- San Luis-Tampico
- San Luis-Salttillo
- San Luis-Aguascalientes
- San Luis-Querétaro

AEROPUERTOS:

- Aeropuerto Internacional de S.L.P.

En el mapa general se muestran las carreteras y caminos que comunican a las cabeceras municipales y poblaciones menores que se encuentran dentro del área de estudio.

IF.- FISIOGRAFIA Y GEOMORFOLOGIA *

El área de estudio se encuentra en la Provincia Fisiográfica de la mesa central (Raíz 1959). Podemos dividirla en dos zonas principales de acuerdo a las características en su estructura. (ver lámina no. 2)

La primera se encuentra ubicada en la parte Este Noroeste constituida por un conjunto de sierras bajas, con orientación general NW-SE, situadas paralelamente entre sí y formadas en gran parte por sedimentos del Cretácico sumamente plegados.

Todas las sierras presentan un estado de madurez temprana dentro del ciclo geomorfológico, dando como resultado una topografía de contornos suaves, que representan grandes ventajas económicas para la extracción de materiales.

En general el relieve varía desde los 1800 m.s.n.m. en las sierras más bajas, hasta los 2000 m.s.n.m. en las más altas.

El frente de esta zona se encuentra formado por una serie de derrames de edad terciaria. Son cerros de poca altura y en sus faldas se encuentra un conjunto de lomeríos de conglomerado.

El drenaje es de tipo enrejado, desaguando en los arroyos principales labrados en los valles intermontados, llevando agua solamente en épocas de lluvia. Estos dan origen a depósitos de arena y grava.

La parte media del área se encuentra cubierta exclusivamente por aluvión.

La segunda zona se encuentra al Poniente y Sur de la Cd. de San Luis Potosí; está constituida por un paquete de rocas volcánicas que siguen un rumbo aproximado N15°W, echándose al NE. Hacia el centro se localiza una serie de fuentes por donde salió gran parte del material ígneo. De esta segunda zona se extrae la cantera y la piedra para cimientos. La topografía es suave hacia el frente Norte, haciéndose más abrupta en la parte central y Sur del paquete.

El relieve varía entre los 2500 m.s.n.m. en las partes más altas y los 1900 m.s.n.m. en las partes más bajas.

El drenaje de estas sierras es de tipo dendrítico presentando un estado juvenil dentro del ciclo geomorfológico que origina una topografía abrupta y por ello es una zona poco explotada.

En general dentro del área existen pocas corrientes fluviales, siendo todas de tipo intermitente. Ellas forman importantes depósitos de arena y grava natural.

* Tomado de la "Hoja San Luis".

IG.- GEOLOGIA HISTORICA*

El registro geológico en el área de estudio comienza con rocas de las formaciones Guaxcamá y La Peña del Cretácico Inferior en donde existieron condiciones marinas especiales que originaron las precipitaciones de las sales de sulfato de calcio dando lugar a las anhidritas de la formación Guaxcamá. Se considera que durante el Aptiano se formaron barreras que dieron lugar a medios ambientes reducidos, lo cual originó el entrapamiento de las aguas dejándolas prácticamente sin salida. Este tipo de ambiente aunado a una alta temperatura provocó una intensa evaporación de las lagunas que dieron lugar a una gran concentración y precipitación de las sales de sulfato de calcio originando la formación Guaxcamá. La formación La Peña por su parte se depositaba dentro de un ambiente infranerfítico, demostrado por los sedimentos arcillocalcáreos que la forman.

Sobre estas rocas se depositaron sedimentos de la formación Cuesta del Cura en un ambiente más profundo de batial a infranerfítico lo que indica un paulatino hundimiento de la zona, condiciones que continuaron durante buena parte del Turoniano con el depósito de la formación Indidura y Soyatal. Ya en la parte superior de esta época empieza una transgregación, representada por la unidad superior de la formación Soyatal, que continúa con el depósito tipo fliish de la formación Cárdenas que corresponde a un levantamiento por movimientos tectónicos de las primeras pulsaciones de la Orogenia Laramide.

A fines del Cretácico y principios del Terciario, la Orogenia Laramide plegó intensamente y falló a las rocas cretácicas, haciendo emerger definitivamente la zona. En algunas áreas quedaron cuerpos de agua en las que se depositaron sedimentos continentales, producto de la erosión de las rocas expuestas.

Durante el Oligoceno (?) se inicia la actividad volcánica con la extrusión de andesita y latita porfidítica, sobreviniendo después el colapso y formación de la caldera (?) de San Luis y el graven de Villa de Reyes, continuando posteriormente con la serie de derrames e ignimbritas riolíticas.

Un largo periodo de erosión sigue a esta actividad volcánica, producto de la cual son los conglomerados continentales y los materiales de acarreo que rellenan el Valle de San Luis. Ya hacia el Pleistoceno y quizás a principios del Reciente (?) vuelve la actividad volcánica caracterizada por la extrusión de rocas basálticas, de las cuales existen pocos afloramientos.

* Tomado de la "Hoja San Luis".

ERA	SISTEMA	SERIE	PISO EUROPEO	AREA ESTUDIADA	MATERIAL EXTRAIDO	
				FORMACION		
CENOZOICO	CUAT.	RECIENTE		ALUVION	ARCILLAS Y ARENA	
		PLEISTOCENO		BASALTO		
				CONGLOMERADO		
	TERCIARIO	PLIOCENO				TOBAS E IGIMBRITAS
		MIOCENO				
		OLIGOCENO			TOBAS SOLITICAS DOLITAS VLATTAS	
		EOCENO				
	PALEOCENO		ADONITAS PORFIDOS NEOPLITICAS			
MESOZOICO	CRETACICO	SUPERIOR	MAESTRICHTIANO		CAL TRITURADOS	
			SENONIANTIANO			
			CAMPARIANO			
		BARTORIANO	CADERNAS			
		COBIACIANO				
		TIURONIANO	INDUBORA	BOYATAL		
	INFERIOR	CORANILIANA	CEROMANIANO		CUESTA DEL CUBA	BOYGO
			ALBIANO	SUPERIOR		
				MEDIO		
			INFERIOR			
		APTIANO	PERA			
		BARRERIANO				
		VALMANSIANO				
BERRIASIANO	QUARCANA			YESO		



NO AFLORA



NO DEPOSITO

TABLA GEOCRONOLOGICA CON LAS EDADES DE LOS MATERIALES PARA CONSTRUCCION ASI COMO LA FORMACION A LA QUE PERTENECEN

Una última etapa de erosión ha venido desarrollandose hasta nuestros días, formando el suelo y aluvión que son -- los depósitos más recientes del área.

CAPITULO II

GEOLOGIA ECONOMICA

ROCAS SEDIMENTARIAS:

- DEFINICION

- YESO

- CALIZAS

- ARENA

- ARCILLA

- CEMENTO

II.- GEOLOGIA ECONOMICA

IIA.- ROCAS SEDIMENTARIAS.

A1.- DEFINICION.

Las rocas sedimentarias son las que estan constituidas por materiales que proceden de rocas preexistentes -- que fueron atacadas química, mecánica u orgánicamente al estar expuestas en la superficie. Los sedimentos que se producen como efecto de este intemperismo son llevados -- por el viento, el agua o el hielo hasta las cuencas donde se depositan y se transforman de sedimentos a rocas consolidadas.

Se clasifican las rocas sedimentarias en clásticas y no clásticas. Las rocas sedimentarias clásticas son --- aquellas que se formaron por la acumulación mecánica de -- fragmentos de roca; pueden estar consolidadas, como los -- conglomerados, brechas, areniscas y lutitas; o no consolidadas, en proceso de formación, como la grava, arena y arcilla (siendo estas últimas de mucha importancia para el presente estudio). Las rocas sedimentarias no clásticas, -- por su parte constan principalmente de sustancias tales -- como carbonatos, sílice y haluros, en que los cristales -- individuales son mantenidos juntos por uniones químicas o estan entrelazados uno dentro del otro. Casi todas las rocas no clásticas o químicas se originan por la precipitación química en extensiones de agua superficial. La precipitación puede ser causada por evaporación, por reacciones inorgánicas entre las sales disueltas o por organismos como bacterias, corales o moluscos. De esta manera se forman el yeso y la caliza, materiales que son indispensables en la industria de la construcción.

A2.- YESO

A2-1.- GEOLOGIA

Los yesos que se explotan en el estado pertenecen -- a la formación Guaxcamá que a continuación se describe, -- según el folleto técnico no. 85.

La formación Guaxcamá es una secuencia evaporítica -- que fué descrita originalmente por K. Golschmid en 1933. -- Le detreminó una edad del Neocomiano-Aptiano.

Aflora al Oriente del área de estudio, comprendiendo el eje del anticlinal de Laguna de Santo Domingo y en la Saladita (ver plano general).

Esta formación está constituida por anhidritas y ye

sos bandeados de color gris oscuro. A veces está intercalada con capas delgadas de caliza dolomítica. Los estratos tienen espesores que varían de 5 a 50 cms.

Se cortaron 3009 mts. de esta secuencia evaporítica en una perforación de PEMEX, pero no se ha encontrado su base dentro del área de estudio, por lo que se desconoce su espesor total.

El depósito de la formación ocurrió probablemente a consecuencia de la precipitación de las sales de sulfato de calcio disueltas en agua dentro de una cuenca cerrada. Al evaporarse el agua ocurre la precipitación en secuencia.

Esta formación es muy importante para la industria de la construcción principalmente, porque de ella se abastece nuestro estado y otros estados vecinos de yeso de buena calidad. Gran parte de la producción se exporta a los Estados Unidos, por lo que es una buena fuente de divisas para nuestro país.

A2-2.- LOCALIZACION

Existen afloramientos de yeso distribuidos en los municipios de Cerritos, Guadalcázar, Río Verde, Villa Hidalgo, Armadillo de los Infante, San Nicolas Tolentino, Villa Juárez y Cd. Fernández. En total suman una área de 150 kms² aproximadamente.

Foto no. 1.- Extracción de yeso en la formación Guaxcamá



Las producciones de yeso son obtenidas por explotación a cielo abierto dentro de los municipios de Guadalcázar y Villa de Juárez, principalmente.

A2-3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

El yeso y la anhidrita con frecuencia se encuentran asociados, aunque tienen importantes diferencias químicas puesto que la anhidrita es un sulfato de calcio anhidro (CaSO_4), mientras que el yeso es un sulfato cálcico hidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$), con un 20% de agua.

Las impurezas más comunes en los yesos comerciales de la formación Guaxcamá son, aparte de la anhidrita, la presencia de horizontes arcillosos y calcáreos, sales, -- suelo y materia orgánica.

El yeso triturado para exportación requiere de una pureza; para el yeso deshidratado la pureza de la materia prima está en función de la calidad del yeso que se desea obtener; y en las plantas cementeras se aceptan purezas hasta de un 70%.

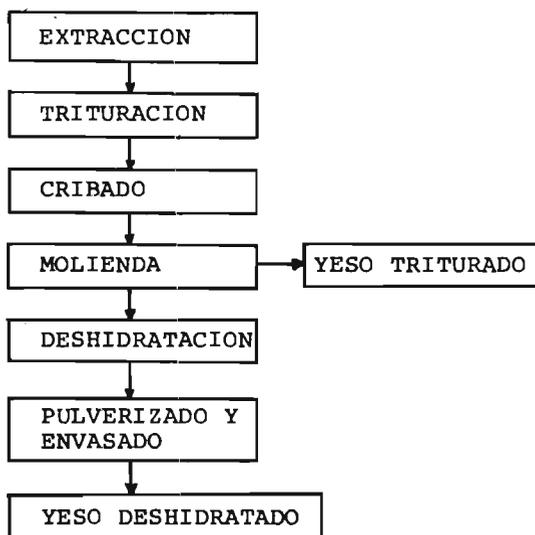
El color del yeso puede ser un índice de la pureza del mismo. En el área de estudio, el color gris y el color miel son los de más alta pureza.

La propiedad más importante del yeso consiste en -- que después de deshidratado, si se le añade agua se convierte en yeso de fraguado rápido, por lo que es muy utilizado en la industria de la construcción.

Las características básicas del yeso que lo hacen indispensable en la construcción son: que es un material a prueba de fuego; la versatilidad, que le permite ser usado en muchas formas y su económica aplicación. El yeso no es inflamable por lo que es un material a prueba de -- fuego. Cuando el hemidrato en forma de yeso es rehidratado para hacer un material de recubrimiento vuelve a ser -- un doble hidrato, de manera que cuando el fuego llega a -- una pared cubierta con yeso, este comienza otra vez a perder el agua en forma de vapor, dificultando así el paso -- del calor.

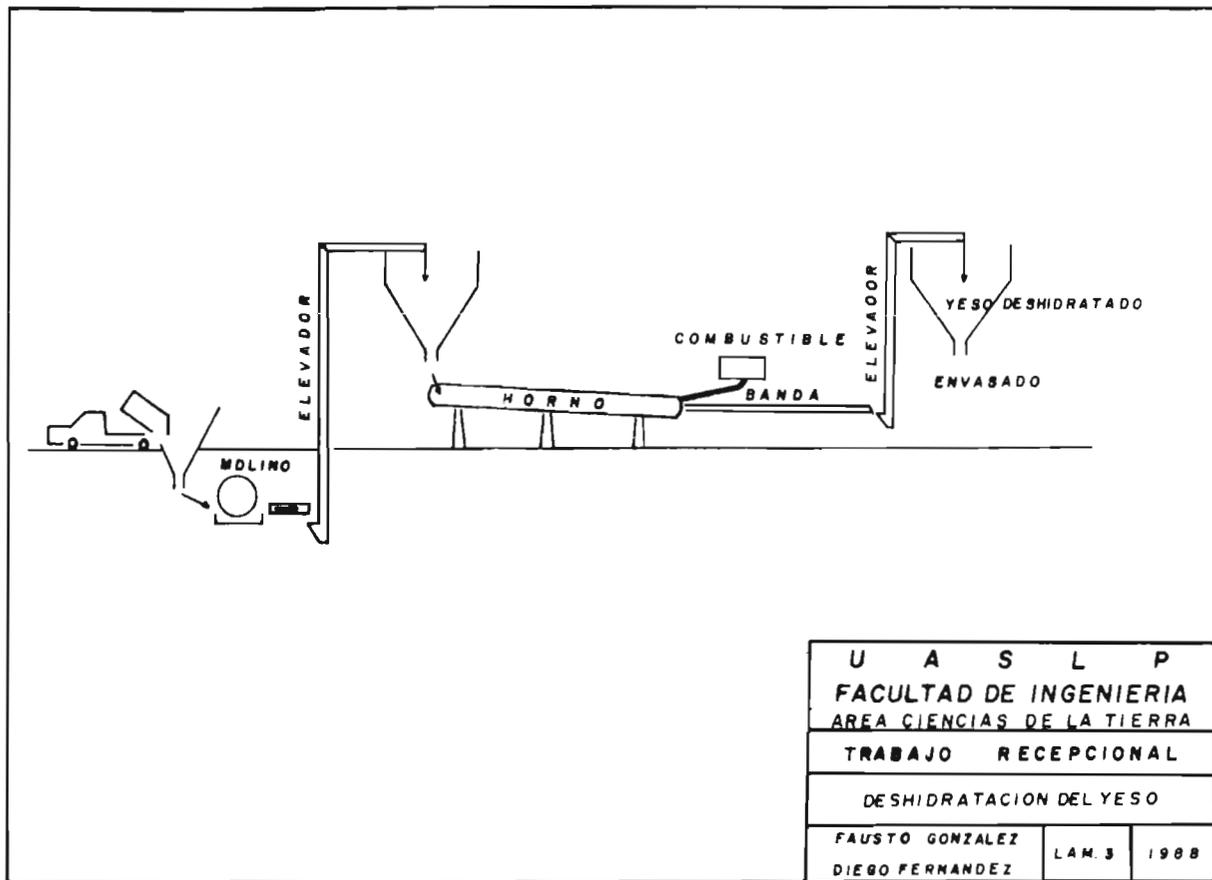
A2-4.- PROCESO

En la zona de estudio se produce yeso triturado y -- yeso deshidratado. El proceso es como sigue:



EXTRACCION.- La extracción se realiza dinamitando - la roca en bancos de 6 o 7 mts. de altura. En los yesos - de La Borreguita se emplean en la extracción máquinas barrenadoras como la que se ve en la fotografía no. 2. Se hacen en este lugar barrenos de 3" de diámetro y 24' de profundidad en una planilla de 9X11' y con 140 barrenos - se obtienen aproximadamente 16000 tons. de yeso por voladura. Esto es para cubrir una producción de yeso triturado de 250 tons/hora. En otros lugares donde las necesidades de material son mucho menores la extracción se puede hacer empleando compresores portátiles y perforadoras manuales. La densidad de la barrenación será de acuerdo a - la maquinaria de trituración empleada, según su capacidad para aceptar fragmentos de mayor o menor tamaño.

PROCESO PARA EL YESO DESHIDRATADO.- Una vez extraída, la roca se transporta a la planta deshidratadora, donde se tritura en una quebradora primaria y se reduce de tamaño de 40-50 cms. a 5-10 cms. para alimentar la trituración secundaria y convertirlo en finos. Los sistemas de trituración deben contar con cribas para eliminar las impurezas y para separar el material mal molido y reciclarlo. Para mayor información sobre sistemas de trituración ver el apartado A3-2.



U A S L P		
FACULTAD DE INGENIERIA		
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
TRABAJO RECEPCIONAL		
DESHIDRATACION DEL YESO		
FAUSTO GONZALEZ	LAM. 3	1988
DIEGO FERNANDEZ		



Foto no. 2.- Banco de 7 mts. de altura en estación-
la Borreguita.

para la deshidratación el yeso se coce para elimi--
nar una parte del agua de cristalización y así poder apli--
carlo en la industria de la construcción. La deshidrata--
ción es el proceso para reducir el sulfato de calcio hi--
dratado a hemidrato o anhidrato. Antiguamente esta opera--
ción se realizaba a hornos simples, los cuales se llena--
ban de material y una vez deshidratado se extraía y el --
horno volvía a ser llenado. En la actualidad se usa el --
llamado horno continuo (ver apartado A6, lam. 7), el cual
recibe el material en un extremo y por el otro se va ex--
trayendo continuamente. Estos hornos horizontales girató--
rios son los más adecuados para el cocido del yeso, pues--
el material está sometido a un movimiento constante para--
evitar que se pegue en las paredes del mismo. Este movi--
miento es mantenido por paletas mecánicas en forma de cu--
charas dentro del horno que elevan el material en sentido

contrario a la rotación del mismo y lo deja caer desde un cierto nivel.

Las temperaturas más usuales de cocción del yeso varían de 135 a 170°C, dependiendo del tipo y cantidad de impurezas presentes y de las propiedades que se deseen obtener en el acabado final del yeso. Durante el proceso de deshidratación, el yeso comienza a perder el agua de cristalización cuando alcanza una temperatura de 43 a 49°C. Al aumentar la temperatura, el agua de cristalización se convierte en vapor, aumentando considerablemente la presión dentro del horno cuando la temperatura está arriba de 115°C.

Después de deshidratado, el yeso se envía por medio de una banda transportadora a un sistema de trituración secundario para hacerlo polvo. Luego el polvo se manda a un tolva para su envase.

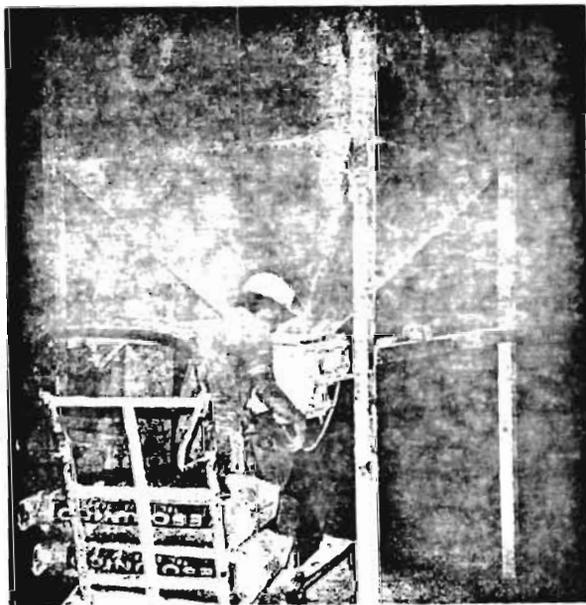


Foto no. 3.- Proceso de envasado en la planta de Yeso Unico, en la Cd. de San Luis Potosí.

PROCESO PARA EL YESO TRITURADO.- Se describirá aquí la forma en que produce yeso triturado la compañía de Yesos Mexicanos en la Estación la Borreguita.

El yeso extraído se transporta hasta la planta de trituración por medio de camiones de volteo (foto no. 1). Lo descargan en una tolva de placas que alimenta una criba de barras para separar todo el material menor de 1" -- que incluye la carga, porque estos finos contienen muchas impurezas, llegando a tener leyes hasta del 40%. Este material se deshecha por un elevador de canchilones y es depositado en una tolva colocada a una altura conveniente para llenar directamente los camiones y llevarlo a un depósito.

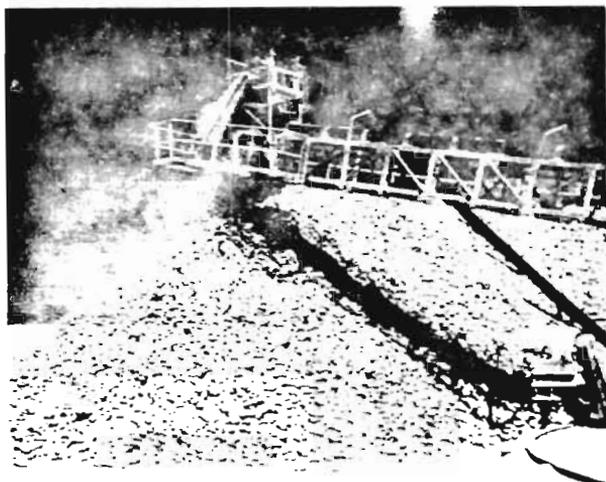


Foto no. 4.- Yeso triturado a tamaños de 2 a 6" en Estación La Borreguita. Este producto se exporta a los Estados Unidos.

Todo el material grueso cae a una quebradora de -
quijada de una abertura de 30 X 48" que tritura el yeso y
lo reduce a un tamaño de 6". De aquí se envían por medio-
de bandas transportadoras a una criba que separa el mate-
rial mayor de 2". Este producto de tamaños de 2 a 6" tie-
ne una pureza del 90% y es el que vende la planta. El ye-
so menor de 2" tiene purezas del 70% y no tiene mercado.-
Solo una mínima parte se le vende a las plantas cimente-
ras de la Huasteca Potosina.

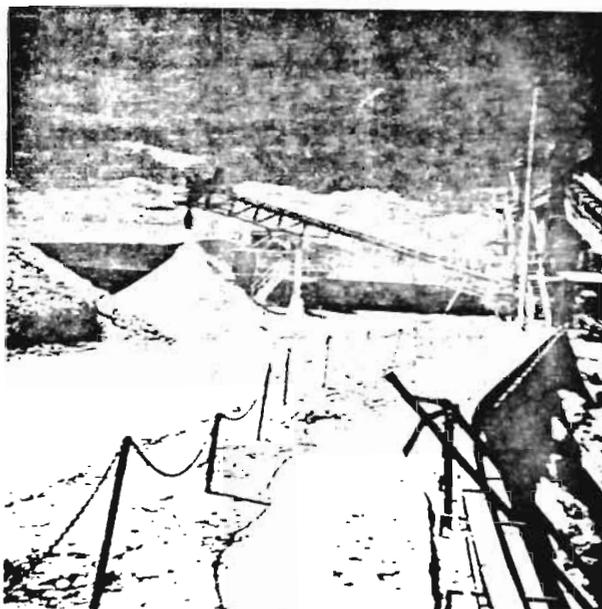


Foto no. 5.- Subproducto de la trituración del yeso
de tamaños menores de 2" en la Estación La Borreguita. La
mayor parte de este material actualmente no tiene uso.

A2-5.- MAQUINARIA

Equipo de extracción:

Compresores
Perforadoras
Cargadores
Camiones de volteo

Equipo para la trituración:

Tolva alimentadora
Cribas
Quebradoras
Transportadores

Equipo para la deshidratación:

Quebradora de guijada
Molino de martillos
Horno horizontal
Transportadores
Tolvas

Esta maquinaria es la que comunmente se emplea en el proceso para la producción de yeso. Generalmente el proceso de deshidratación se realiza aquí en la ciudad, transportándose el yeso como se extrae en el tajo en camiones.

La cantidad de personal que se emplea en la producción de yeso es muy variable, dependiendo del grado de mecanización de la planta. Por ejemplo el control de la planta de trituración en la compañía de Yesos Mexicanos lo realiza una sola persona.

A2-6.- USOS Y DERIVADOS

Los productos de yeso se utilizan principalmente en:

- a) Yeso para construcción.- En recubrimientos y acabados.
- b) Yeso para la industria.- En la manufactura de otros productos como el cemento portland.
- c) Yeso agrícola.

De estos usos, la industria de la construcción es la que más yeso consume, pues se usa en recubrimientos y acabados; compite en estas aplicaciones con otros acabados y materiales de recubrimiento, tales como madera, plásticos y otros.

El yeso puede ser usado en muchas formas tales como láminas para paredes, blocks, etc. y variando el grado de deshidratación y aplicando algunos aditivos, las propiedades físicas pueden ser combinadas para satisfacer muchos requerimientos.

Dentro del yeso industrial, su aplicación más importante en la construcción, es indirecto pues se emplea como moldes para sanitarios, en donde se necesita yeso con una pureza del 95%. El cemento portland contiene un 3% de yeso.

A2-7.- PRODUCCION Y MERCADO

Los principales productores de yeso en México son los estados de Puebla, San Luis Potosí, Edo. de México, Baja California, Coahuila, Chihuahua y Nuevo León.

La capacidad instalada para la producción de yeso en el país es de 1.8 millones de toneladas anuales de yeso triturado y de 0.5 millones de toneladas anuales de yeso deshidratado.

El estado de San Luis Potosí tiene varias plantas procesadoras de yeso localizadas todas dentro del área de estudio las cuales suman una capacidad instalada de 300 toneladas de yeso deshidratado y 4000 toneladas diarias de yeso triturado.

De la producción nacional, un millón de toneladas de yeso triturado se exporta a los Estados Unidos anualmente y cerca de un millón se emplea en la manufactura de cemento portland.

El yeso triturado se produce en la Isla de San Marcos Baja California y en Villa de Juárez San Luis Potosí.

Este producto se vende a los Estados Unidos, que es el principal productor y consumidor de yeso en el mundo. Canadá es el primer exportador de yeso a los Estados Unidos, con casi 6 millones de toneladas anuales.

El 70% del consumo mundial de yeso se utiliza en productos prefabricados; en la industria del cemento el 15%; la industria agrícola consume el 8% y el resto se usa en revestimientos.

A3.- CALIZAS

A3-1.- GEOLOGIA

Las calizas han recibido este nombre porque la cal se fabrica a partir de ellas, calcinando las rocas para quitarles el bióxido de carbono y dejar el óxido de calcio, o sea la cal.

Son rocas sedimentarias constituidas al menos por un 50% de carbonato de calcio, de origen fundamentalmente químico u orgánico. El carbonato, en la mayoría de los casos se ha extraído del agua de mar por organismos diminutos y luego depositado en capas que finalmente se consolidan en rocas. Muchas sustancias, además de los carbonatos, ocurren en las calizas. Estos son fragmentos detríticos o piroclásticos arrastrados por el agua hasta la cuenca de depositación y mezclados mecánicamente con los carbonatos. Entre ellos se encuentran el cuarzo, los feldspatos, los minerales arcillosos y los restos orgánicos. Pueden existir además calizas formadas principalmente por calcita, en las cuales el contenido de carbonato de calcio es muy alto, formando en algunos casos más del 95%.

En nuestra área de estudio, son dos las formaciones geológicas que en mayor cantidad se están explotando comercialmente para la producción de cal y triturados. Estas son la formación Cuesta del Cura y la formación Doctor que a continuación se describen (según folleto técnico no. 85, UASLP).

FORMACION CUESTA DEL CURA (Albiano-Cenomaniano)

Imlay fué el primero que la describió en la Sierra de Parras.

Aflora al Oriente de la Cd. de San Luis Potosí, en los ejes de los anticlinales de la Sierra de Alvarez, de San Pedro y del Coro. También aflora en la zona del anticlinal de la Parada al SW de Ahualulco.

Consiste de calizas de color gris claro en estratos delgados, microcristalinas e interestratificadas con bandas y lentes de pedernal negro. En ocasiones presenta delgadas capas de caliza arcillosa y lutitas calcáreas que adquieren tonalidades violáceas y rojizas por intemperismo.

Presenta numerosos pliegues de arrastre por lo que se ha dificultado la medición de su espesor.



Foto no. 6.- Banco de extracción de la formación --
Cuesta del Cura en Estación Ventura.

Por su sedimentología, la formación Cuesta del Cura se depositó en aguas tranquilas en forma de lodos calcáreos dentro de una cuenca de circulación libre. Estas condiciones pertenecen a la parte de la zona epibatial. Hacia el Oriente cambia transicionalmente a sedimentos calcáreos de menor profundidad.

La presencia de pedernal y capas arcillosas dentro de ésta formación la hacen inapropiada para ser explotadas en la producción de cal.

FORMACION DOCTOR (Albiano-Cenomaniano)

En 1955 fué descrita por primera vez por Wilson, -- Hernández y Meave, al Occidente de Zimapán Hidalgo, en el distrito minero el Doctor.

Aflora ampliamente al Oriente de la ciudad de San - Luis Potosí y consiste de calizas criptocristalinas de color gris claro a oscuro y en ocasiones café, que intempe-

riza en crema claro y gris oscuro. Su estratificación varía de mediana a gruesa en bancos hasta de 4 mts. de espesor.

Según Carrillo Bravo tiene un espesor total de 1800 mts.

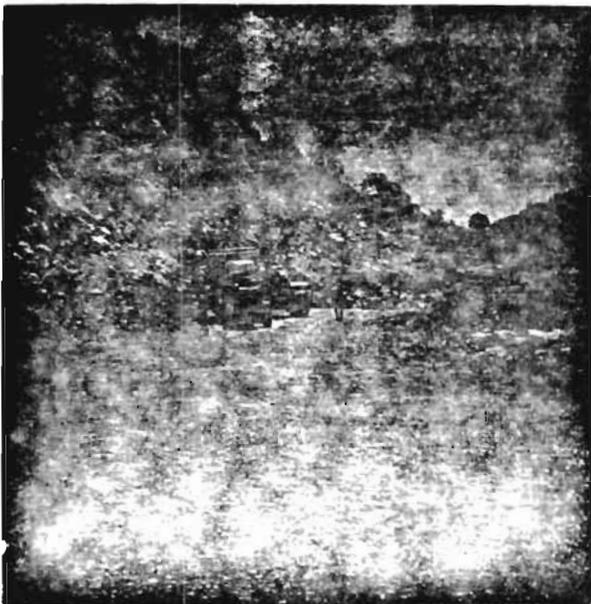


Foto no. 7.- Banco de extracción de la formación -- Doctor en la Sierra de Alvarez.

El depósito de la formación Doctor y su relación de las diferentes facies, sugieren la existencia de una plataforma estable, con aguas someras, cálidas, sin aporte - material terrígeno, con un medio ambiente adecuado para - el desarrollo de la vida orgánica, dando lugar a arrecifes tabulares de barrera, así como depósitos clásticos arrecifales.

Para que se forme un cuerpo tan potente de sedimentos de poca profundidad es necesario que haya existido un lento constante hundimiento del fondo marino.

Esta formación es de una alta pureza, en ocasiones con un contenido mayor del 95% de carbonato de calcio, -- siendo por ello muy adecuada en la producción de cal y -- triturados.

A3-1-1.- CAL

A3-1-2.- LOCALIZACION

La caliza que sirve como materia prima para producir cal está ampliamente distribuida al Oriente y al Norte del área de estudio.

La formación Doctor se explota en los bancos existentes en la cercanía de la carretera San Luis-Río Verde, a lo largo de la Sierra de Alvarez y en las estribaciones Nor-Orientales de esta misma Sierra, comprendiendo los municipios de Guadalcázar y Cerritos. La formación Cuesta del Cura, por su parte, se está explotando en Estación Ventura, en el kilómetro 40 de la carretera San Luis-Matehuala.

En el mapa general puede verse la ubicación exacta de los bancos de explotación, y en el directorio anexo al final las direcciones de las compañías que se encargan de su procesamiento y distribución.

A3-1-3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS *

Las calizas que se emplean en la producción de cal deberán ser lo más puras posibles, de preferencia con un contenido mayor del 85% de CaCO_3 , para que se obtengan -- los más altos rendimientos.

El color es una propiedad muy importante en las calizas porque puede dar una idea del grado de pureza que estas tengan, aunque no es muy confiable. Las calizas más puras tienen tonos gris claro. Las de color gris a verde oscuro generalmente indican la presencia de minerales que contienen óxido de fierro y/o materia carbonosa. Cuando el estado de oxidación se incrementa, el color cambia a amarillo, café o rojo.

Las impurezas de las calizas varían en tipo y cantidad y pueden afectar las propiedades de las mismas para ciertos usos. Generalmente las consideraciones más importantes las impurezas, son la cantidad que de ellas contenga la roca y la forma en que se encuentren distribuidas. Una cantidad considerable de impurezas puede ser tolerable para algunos derivados de la cal si la impureza está diseminada a través de la roca. Por otra parte, si la im-

* Traducido y modificado del Industrial Minerals -- and Rocks.

pureza está concentrada en capas es difícil la utilización de la roca.

Las arcillas son quizás las impurezas más comunes en las formaciones calizas.

En el proceso de calcinación, el tamaño del material con que se alimentan los hornos tiene que ser uniforme para que los gases circulen por toda la carga y de ésta manera no quede material crudo o recocado. En el área de estudio se observó que el tamaño de la caliza que se va a procesar varía desde 2" hasta más de 10" (ver conclusiones y recomendaciones). La presencia de finos dentro de un horno obstruye el paso del aire caliente a través de la carga.

A3-1-4.- PROCESO

EXTRACCION.- Hay diferentes formas de extraer la caliza. Varían de acuerdo a las condiciones económicas de las compañías.

Existen caleras que constan de un solo horno; en este caso, las necesidades de abastecimiento son bajas y no se usan o se usan muy poca maquinaria. Se barrena la roca en forma manual para emplear explosivos. Generalmente no se tienen bancos de extracción definidos.

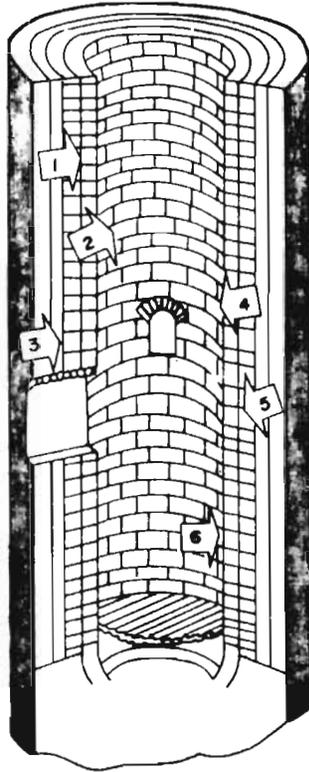
En caleras más grandes, se requieren mayores cantidades de rocas, por lo que se usan compresores y pistolas neumáticas para barrenar, aunque normalmente no se tiene programa de perforación; solamente se va buscando la manera más fácil de tumbar la roca, así como la dirección donde se cree que es de mejor calidad.

La distribución de barrenos está en función del tamaño del material que se desea obtener y de la compacidad de la roca. Su longitud va de acuerdo a la altura del trabajo.

Una vez realizados los barrenos, se cargan con dinamita y se hacen detonar progresivamente. Cuando después de la explosión quedan rocas de tamaño muy grande, se vuelve a barrenar y a detonar con una carga explosiva pequeña para que las rocas no se fragmenten mucho. A esta operación se le llama moneo.

CALCINACION EN HORNOS VERTICALES.- Una vez extraída la roca, se envía a trituración y se clasifica. Cuando no se cuenta con maquinaria, esta operación se realiza en forma manual. De aquí se transporta a los hornos calcinadores verticales, que son los más comunes dentro del área de estudio (ver foto no. 8)

Primero se vacía la roca en la zona de almacenamiento que corresponde a la parte superior del horno. (ver lá



- 1.- ZONA DE SECADO Y ALMACENAMIENTO
- 2.- ZONA DE PRECALENTAMIENTO
- 3.- PARED AISLANTE
- 4.- ZONA DE CALCINACION
- 5.- REVESTIMIENTO DE LADRILLO REFRACTARIO
- 6.- ZONA DE DESCARGA

U A S L P FACULTAD DE INGENIERIA AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
TRABAJO RECEPCIONAL		
HORNO CALCINADOR VERTICAL		
FAUSTO GONZALEZ DIEGO FERNANDEZ	LAM 4	1989

mina 4). Esta zona debe estar siempre llena para poder disponer de su carga en cualquier momento. Después el material baja por la gravedad a la zona de precalentamiento que se encuentra en la parte media superior del horno y recibe parte del calor que alimenta a éste. Posteriormente la roca pasa a la zona de calcinación en la parte media inferior del horno en donde se somete a la acción directa del fuego a temperaturas de 900 a 1000°C. Finalmente la piedra calcinada pasa a la zona de enfriamiento en la parte inferior del horno, de donde se va extrayendo -- aproximadamente cada 3 o 4 hrs., aunque puede variar.

Es indeseable la presencia de finos porque obstruyen el paso del aire caliente entre los espacios de la carga y además dificultan el descenso de ésta dentro del horno. Por otra parte, cuando dentro de la carga van fragmentos de roca muy grandes, éstos no alcanzan a calcinarse en su centro.

El producto de la descarbonatación de la caliza es la llamada cal viva u óxido de calcio. Es un sólido blanco de densidad igual a 3.4 funde a 258°C y no se descompone con el calor. Es muy cáustica y tiene mucha afinidad por el agua. *

HIDRATACION. - La cal viva, para su uso en construcción requiere de una hidratación.

En forma industrial el proceso es el siguiente:

La cal viva se tritura en una quebradora primaria y luego en una secundaria. Los fragmentos se reducen a 1/4" hasta finos para que la cal tenga más superficie de contacto con el agua y la reacción se realice más rápido y con mayor eficiencia.

Un elevador sube el triturado hasta una tolva dosificadora que se encuentra arriba de la cámara de prehidratación a la cual desciende el material a una velocidad constante para empezar a combinarse con el agua. De aquí cae por gravedad a la cámara de hidratación donde se realiza completamente la reacción. Durante todo este proceso, el material es mantenido en movimiento para que tenga contacto con el agua.

La reacción se realiza agregando a la cal 25% de agua. La parte de la roca que no alcanzó a calcinarse en el horneado no se hidrata, y la recocida tarda mucho en hacerlo. Por lo tanto después de la hidratación, se encuentra mezclada la cal hidratada, del tamaño del polvo, con la cal cruda o recocida que no se hidrató. La separación de éstos materiales se hace utilizando aspersores que levantan la cal hidratada hasta un carril que la ----

* Pequeño Larousse de las Técnicas.

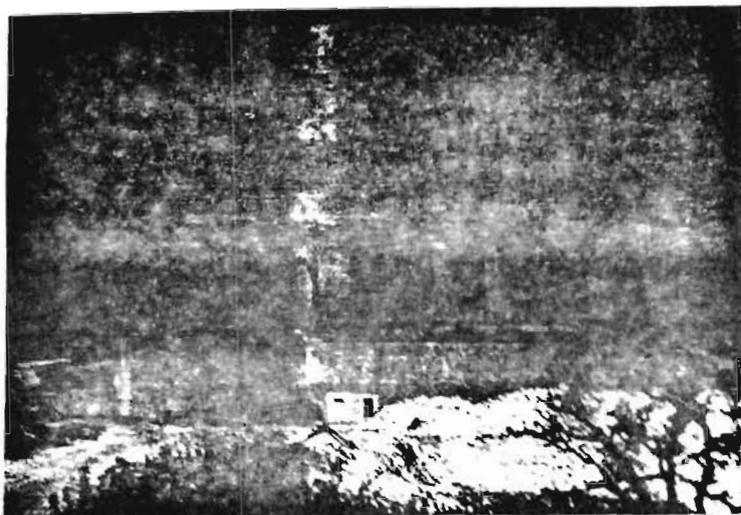


Foto no. 8.- Hornos calcinadores verticales en la -
Sierra de Alvarez.

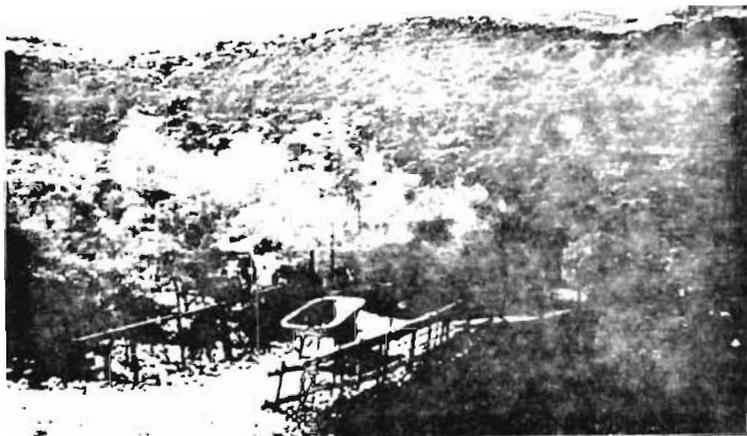


Foto no. 9.- Alimentación con carretilla a un horno
vertical en la Sierra de Alvarez.

transporta a una tolva en cuya parte inferior se envasa el producto. La cal que no se hidrató, junto con las impurezas quedan como desperdicio y en el mejor de los casos se emplean como triturados.

A3-1-5.- MAQUINARIA

La maquinaria que se emplea en la producción de cal es muy variada y puede ser antigua o moderna, dependiendo de las condiciones económicas de la empresa. La maquinaria que se emplea en la producción de cal en forma industrial es la siguiente:

MAQUINARIA DE EXTRACCION:

Compresores
Traxcavos
Camiones

MAQUINARIA PARA LA CALCINACION:

Hornos verticales
Turboventiladores o calderas
Extractores de aire
Quemadores

Los hornos que se emplean para la calcinación son hornos verticales en forma cilíndrica recubiertos en su interior con ladrillos refractarios y pueden tener capacidades variables.

En la parte inferior del horno se localizan los quemadores, usualmente cuatro, instalados diametralmente opuestos uno del otro. Los quemadores funcionan con combustible impulsado por aire o vapor de agua. El aire se inyecta con turboventiladores y en caso de que se use vapor de agua, este se produce en calderas.

Los hornos constan prácticamente de cinco partes, (ver lam. 4) que son:

1. Zona de almacenamiento
2. Zona de precalentamiento
3. Zona de calcinación
4. Cámara de enfriamiento
5. Zona de descarga

El calor dentro del horno se mueve de abajo hacia arriba jalado por un extractor de aire colocado en la parte alta del horno. Esto se hace con el fin de que el aire caliente se aproveche en toda la extensión del horno y pe



Foto no. 10.- Sistema moderno de alimentación de un horno en Estación Ventura. Consta de tolva almacenadora, transportador y tolva dosificadora.

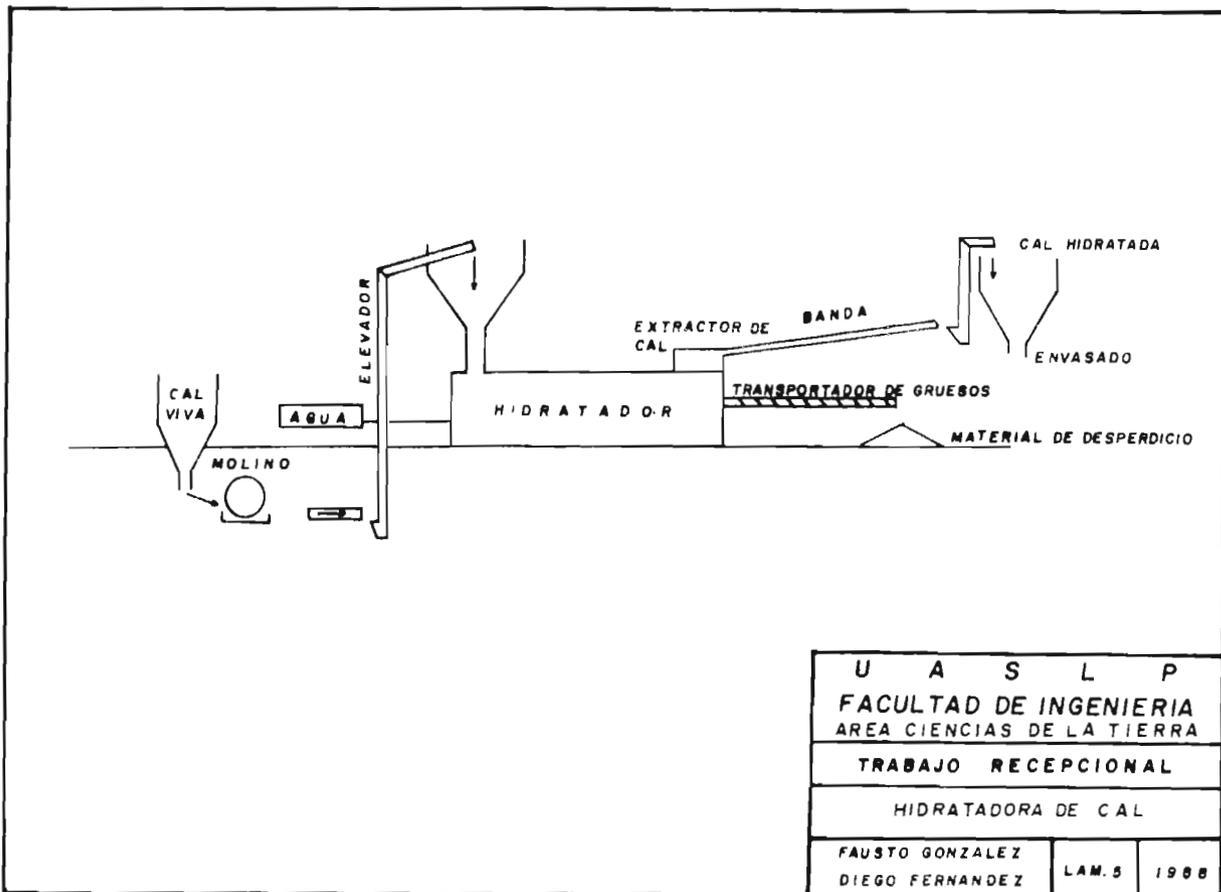
entre la carga. La temperatura disminuye con la altura del horno de manera que el material se va calentando paulatinamente a medida que baja.

La descarga de los hornos se realiza por medio de unas compuertas colocadas en la parte inferior de los mismos.

MAQUINARIA PARA LA HIDRATACION:

- Trituradora primaria y secundaria
- Hidratador
- Transportadores
- Tolvas
- Envasadora
- Depósito de agua

El tanque hidratador es de acero, generalmente de 4.5 a 6 mts. de longitud y 1.20 mts. de diámetro, dispues



U A S L P		
FACULTAD DE INGENIERIA AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
TRABAJO RECEPTIONAL		
HIDRATADORA DE CAL		
FAUSTO GONZALEZ DIEGO FERNANDEZ	LAM. 5	1988

to horizontalmente. Tiene una salida de vapor y polvo en su parte superior. El interior del tanque cuenta con un eje horizontal que gira en forma continua; este lleva unas paletas colocadas alternadamente arriba y abajo del eje y mueven la cal hacia el otro extremo del tanque donde se encuentra la salida.

La adición de agua es realizada mediante tubería perforada que riega homogéneamente la cal.

A3-1-6.- USOS Y DERIVADOS

Existen cuatro tipos de productos de la cal:

Cal Viva.- Así se llama el producto que se obtiene de la calcinación de la caliza. Se procesa entre 900 y 1000°C y también se le llama cal en piedra.

Cal Hidratada.- Se obtiene a partir de la cal viva agregándole un 25% de agua.

Cal grado químico.- Se procesa en la misma forma que la cal viva pero esta es de una pureza mayor, arriba del 95% de CaO. Para su uso es necesario triturarla hasta reducirla a polvo muy fino.

Cal Hidráulica.- Se elabora agregándole a la caliza caolín u otras arcillas de composición similar. La proporción de caolín es de 20 a 25% del total. Los materiales son finamente molidos y calcinados a temperaturas de 1200 a 1400°C. Este producto puede fraguar aún abajo del agua.

Los usos de los diferentes tipos de cal son:

Cal hidratada.- Se usa en la industria de la construcción como aglomerante en morteros, recubrimientos, etc. En la industria azucarera es usada para clarificar el jugo de caña; también en el tratamiento de aguas residuales y aguas duras para el consumo industrial. Finalmente tiene usos muy variados como en la industria de la masa y otros.

Cal grado químico.- Se usa en la industria químico-farmacéutica.

Cal hidráulica.- Se usa en la industria de la construcción sustituyendo al cemento.

A3-1-7.- PRODUCCION, MERCADO Y COSTOS

Dentro del área de estudio hay 9 caleras registradas que producen cal viva, cal hidratada y cal grado químico.

Se tiene una producción de 12000 tons./mes de cal hidratada, 3450 tons./mes de cal grado químico y 1150 tons./mes de cal en piedra. La producción es variable de-

pendiendo de la demanda. Cuando esta es baja, algunas ca-
leras cierran temporalmente.

La mayor parte de la producción de cal se consume -
en la Cd. de San Luis Potosí y una pequeña parte se dis-
tribuye a otras poblaciones cercanas.

Los factores que intervienen en la determinación de
los costos totales de operación para producir cal son:

EXTRACCION	% del costo p/ton. aprox.
Mano de obra	2
Combustibles	2
Dinamita	8.5
Acero	0.5
Resagado	0.5
Otros	1
	<hr/>
	14.5
PROCESO (incluye mano de obra)	
Trituración	5.5
Clasificación y calcinación	35
Hidratación	2.5
Insumos	10
Otros	8.5
	<hr/>
	61.5
ENVASADO (incluye mano de obra)	21.5
ADMINISTRACION Y VENTA	2.5

El margen de utilidad debe ser aproximadamente el -
doble de los costos de producción para que resulte costea
ble la manufactura de la cal.

A3-2.- TRITURADOS

Los triturados son fragmentos de roca que se usan en construcción como agregados manufacturados. Se producen en plantas trituradoras en donde, después de extraídas las rocas del banco de material se quiebran y se clasifican. Para cada tamaño del producto se tienen usos específicos.

En la zona de estudio existen varias plantas de trituración. Algunas compañías se dedican exclusivamente a la trituración para obtener agregados, mientras que otras trituran el material como parte de un proceso más amplio.

Los agregados proporcionan la mayor parte del volumen en una construcción y por lo mismo deben seleccionarse cuidadosamente antes de usarlos.

A3-2-1.- LOCALIZACION

Las rocas que se usan para producir triturados en área de estudio son las calizas. Esto se debe a que son relativamente fáciles de quebrar y los productos adquieren formas bien angulosas, con mucho agarre cuando se combinan con algún aglomerante para producir concretos. Son muy abundantes al Este, Noreste y Norte de la Cd. capital siendo las mejores calizas las que están libres de sílice, como el caso de la formación Doctor.

Las rocas ígneas casi no se usan en la producción de triturados por el contenido de sílice que hace muy dura y abrasiva a la roca, provocando un rápido desgaste en la maquinaria de trituración. En el mapa se puede ver la distribución de las formaciones que se explotan para producir triturados.

Existen plantas de trituración en diferentes puntos del área de estudio. Se localizan en zonas bien comunicadas y cerca de los lugares de consumo.

Todas las plantas de trituración del área de estudio son fijas y su instalación se debe planear de manera estratégica para que su ubicación sea definitiva y tenga funcionalidad.

A3-2-2.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

La clasificación de los triturados que se usa en la práctica es la siguiente:

Mayor de 2"
De 1 a 2"
De 1/2 a 1"
De 5/16 a 1/2"
De 3/16 a 5/16"
Menor de 3/16"

Caliza para horno
Balasto para vías férreas
Grava para concreto
Sello para carreteras
Confitillo para prefabricados
Arena

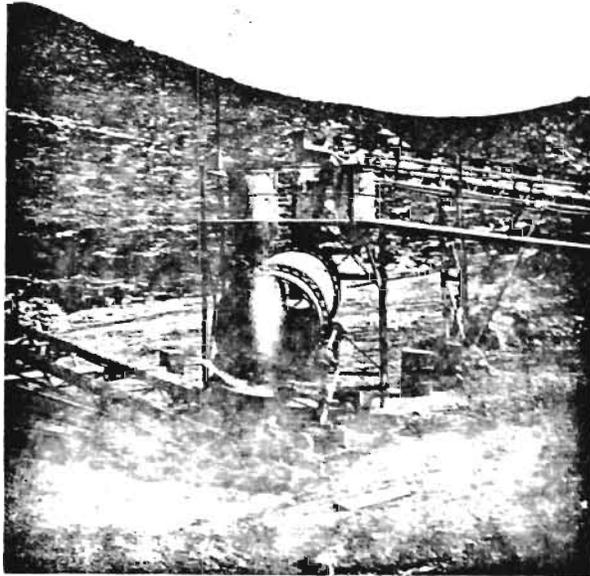


Foto no. 11.- Planta de trituración en el Cerro de San Pedro.

Los materiales en que los granos individuales están pobremente cementados no son deseables como agregados por que éstos materiales se rompen bajo presión o durante el manejo y proceso de mezclado. La ruptura de los agregados gruesos causan una desviación en la graduación deseada y puede generar un exceso de finos.

La roca triturada es quebrada en gran variedad de - tamaños para satisfacer las especificaciones requeridas - por los usuarios. Por ejemplo, en el concreto, los agrega

dos deberán ser graduados para dar una mezcla tan densa - como sea posible y que proporcionen las características - deseadas del concreto.

Los materiales deletéreos tales como la materia orgánica, pedernal, arcilla y carbón entre otros son indeseables en los agregados, aunque para algunos usos se puede tolerar su presencia.

La roca triturada usada con fines decorativos deber ser de colores y matices específicos y permanentes para que no cambien si se exponen al intemperismo y a las condiciones atmosféricas.

A3-2-3.- PROCESO

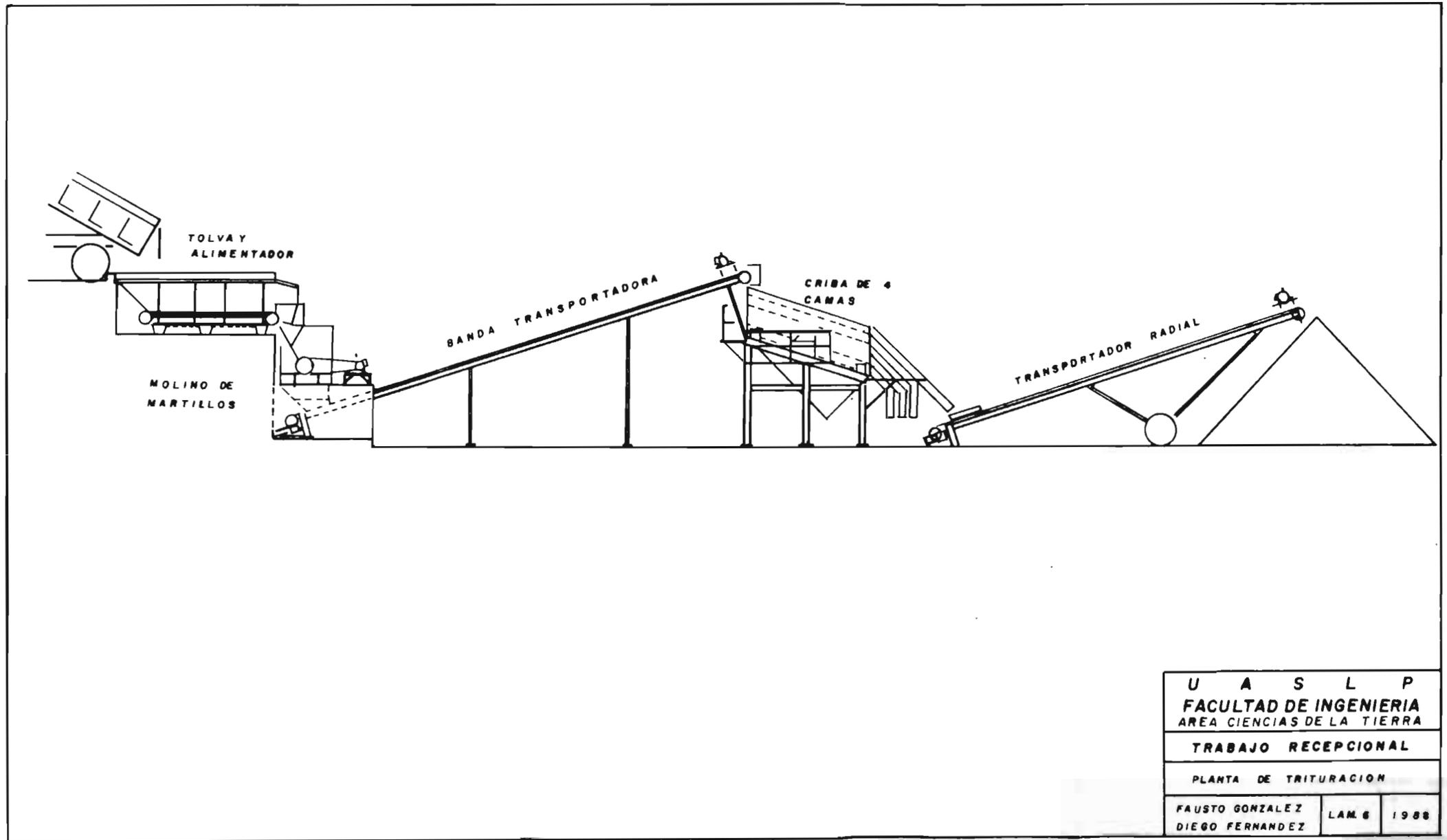
Extracción.- El proceso de extracción de la materia prima para la producción de triturados se describe en el apartado A3-1-3, tanto para la cal como para los triturados porque el material es el mismo. Sin embargo, aquí, es importante tener en cuenta el tipo de triturados que se desea producir y de esa forma determinar la densidad de la barrenación. Si se pretende producir arenas, la frecuencia de los barrenos, así como su carga deberán ser máximas y viceversa, si se quieren gravas gruesas, se planeará una barrenación distanciada para evitar la producción de finos. Muchas veces, sobre todo cuando se cuenta con una quebradora de quijada amplia, el proceso de moneo se puede evitar, porque esa máquina puede procesar fragmentos de roca bastante grandes y de esa manera se pueden reducir costos.

Manufactura.- El proceso para la producción de triturados varía de acuerdo al equipo que se emplea y de este último depende la capacidad de la planta, así como la variedad de productos triturados que se pueden obtener.

Cuando la trituración forma parte de un proceso más completo, es necesario conocer los requerimientos tanto de la cantidad de triturados como el tamaño y/o clasificación de los mismos y de esta forma poder recomendar la maquinaria más adecuada.

Para cada necesidad hay un sistema de trituración diferente. La lam. 6 muestra un sistema con capacidad para producir 5 tipos de triturados, aunque, como se ve, se adaptó para que el mayor porcentaje del material procesado sea agregado grueso.

En la figura de la lam. 6, después de que el camión descarga la roca en un alimentador de zapatas, esta pasa a un molino de martillos calibrados de tal manera que la curva granulométrica que produzca sea la más adecuada para satisfacer las necesidades del consumidor. Luego, la -



U A S L P		
FACULTAD DE INGENIERIA		
AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
TRABAJO RECEPTIONAL		
PLANTA DE TRITURACION		
FAUSTO GONZALEZ DIEGO FERNANDEZ	LAM. 6	1988

roca triturada es elevada por un transportador hasta la criba vibratoria que selecciona el material en 5 tamaños diferentes, determinados por la abertura de las mallas -- que componen las cuatro camas. Cada cama tiene su propia salida. Se instaló en la salida de la primera cama un -- transportador manual radial para que separe el material -- más grueso porque es el que se va a producir en mayor cantidad.

Otro ejemplo de una planta de trituración es la de la lam. 7 en donde se emplea trituración primaria y secundaria. El diseño de este sistema es para producir balasto y grava en la trituración primaria; y sello, confitillo y arena en la secundaria.

La alimentación en la trituración primaria se realiza en una criba que separa el material menor que la grava para enviarlo directamente a la trituración secundaria, -- mientras que la roca con diámetro mayor pasa ser triturada en una quebradora de quijadas nuevamente. Otra criba -- puesta en la salida de esta trituradora realiza la misma separación anterior. Los gruesos son enviados a una criba de una cama para que se clasifiquen en balasto y grava y -- el material restante pasa a la trituración secundaria donde el molino de martillos lo quiebra junto con el material -- proveniente de la criba de alimentación inicial. El producto así obtenido se manda a una criba de dos camas -- de donde se obtiene el sello, el confitillo y la arena.

En este sistema, todo el material que se procesa se aprovecha. Además puede tener muchas variantes que satisfagan las necesidades del consumidor.

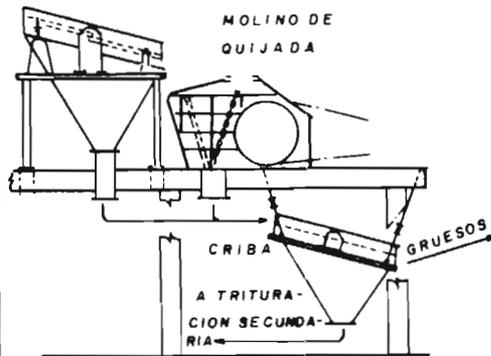
A3-2-4.- MAQUINARIA

La maquinaria usada en una planta de trituración es la siguiente:

- Compresores de aire
- Pistolas neumáticas
- Traxcavos
- Camiones
- Trituradora primaria
- Trituradora secundaria
- Transportadores
- Cribas vibratorias

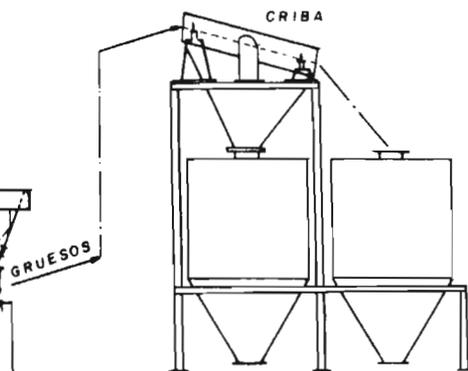
Las trituradoras que se usan en la producción de -- agregados dentro del área de estudio son la de quijada en la trituración primaria y la de martillos en la trituración secundaria. Existen otras como las de cono y rodillos pero se usan muy poco porque su costo es alto y sus

ALIMENTACION



MOLINO DE QUIJADA

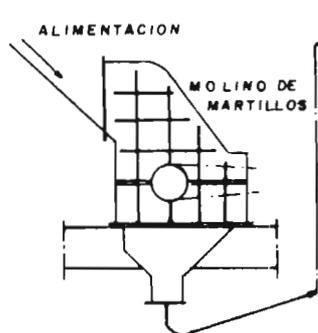
CRIBA
A TRITURACION SECUNDA-
RIA



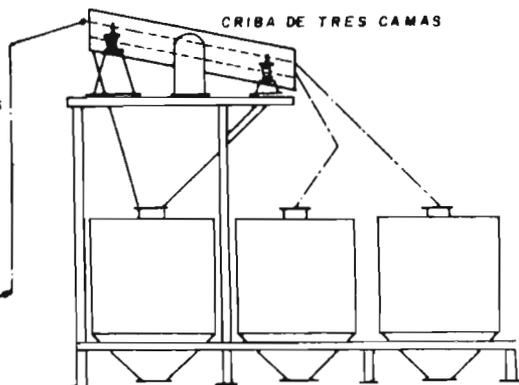
CRIBA

GRAVA BALASTRO

ALIMENTACION



MOLINO DE MARTILLOS



CRIBA DE TRES CAMAS

ARENA CONFITILLO SELLO

INSTALACIONES PARA PRODUCIR TRITURADOS

refacciones son difíciles de conseguir, aunque sin embargo, tienen buenos rendimientos y mucha aplicación.

Trituradora de quijadas.- Esta es la máquina más comúnmente usada en la trituración primaria. Consiste básicamente de un eje excéntrico que activa una quijada móvil. Esta quijada se puede abrir o cerrar contra una quijada fija hasta un límite determinado que está en función de la capacidad de la máquina. (lam. 8)

El quebrado de la roca se produce como efecto de la vibración de la quijada móvil que presiona y golpea el material contra la quijada fija. El material va descendiendo por gravedad y por el peso de la carga que la sobrepasa, a medida que va siendo quebrado.

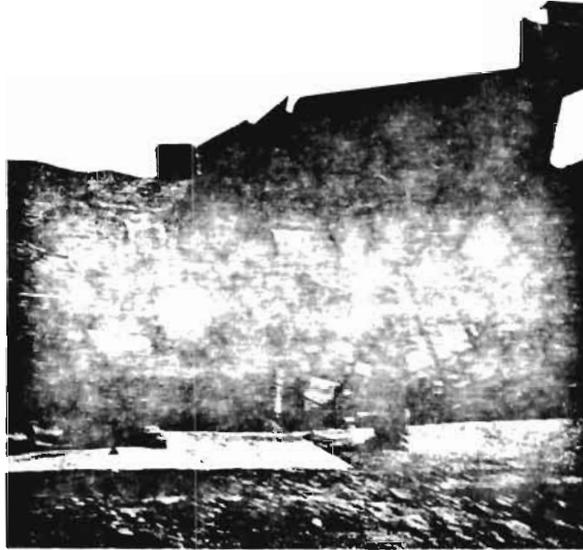
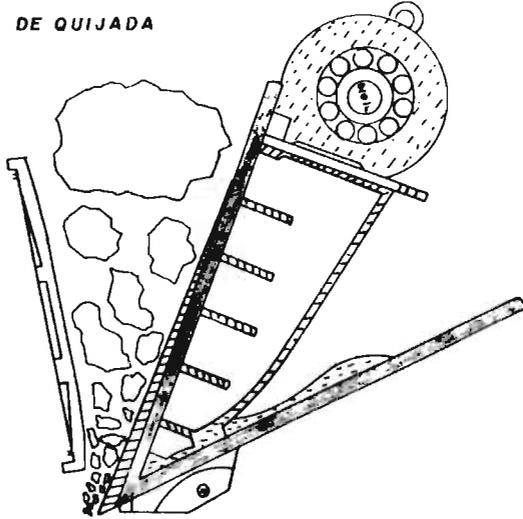


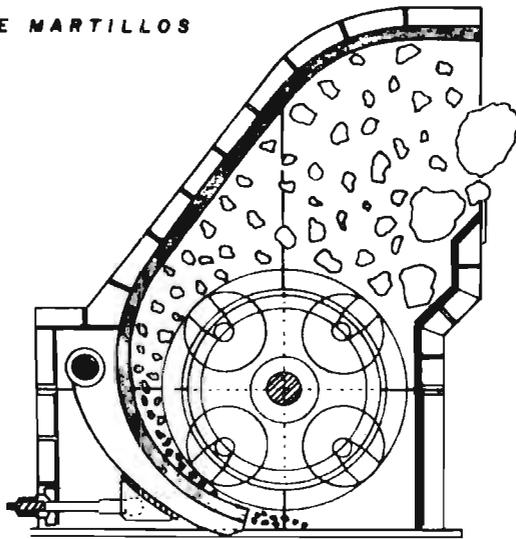
Foto no. 12.- Quebradora de quijada en el Cerro de San Pedro.

Esta máquina en ciertos casos puede realizar la trituración secundaria cerrando la quijada y recirculando el material, pero su mayor eficiencia se logra cuando traba-

QUEBRADORA DE QUIJADA



MOLINO DE MARTILLOS



ja con su mayor abertura posible porque se esa manera se puede reducir o eliminar los costos de moneo, permitiendo procesar todo el material que se extrae en el tajo y convertirlo en un producto con las especificaciones deseadas.

Quebradora de martillos.- La quebradora de martillos está diseñada para la trituración de minerales de mediana dureza tales como el mármol, yeso, caliza, dolomita y algunos minerales metálicos.

En la lam. 8 se muestra una quebradora de martillos vista de perfil. El rotor gira en sentido de las manecillas del reloj y cada uno de los martillos gira independientemente del rotor al chocar con el material. Si la fuerza del choque es suficiente, el martillo gira; de lo contrario tiende a permanecer perpendicular al rotor debido a la fuerza centrífuga.

El material alimentado choca contra los martillos de la quebradora, los trozos resultantes son arrojados contra el blindaje y se desmenuza aún más. Una gran parte de los trozos arrojados por los martillos golpean también contra el material que se está alimentando, así como los que rebotan del blindaje, de esta forma se produce una trituración autógena que no genera desgaste.

La distancia de los martillos a la pared de impacto disminuye en forma progresiva hacia la descarga, siendo esta última parte de una quijada de molienda suspendida que se puede ajustar para incluir en la curva granulométrica.

Dentro de la industria de la construcción la quebradora de martillos es muy útil en la producción de agregados para concreto. La granulometría que puede generar no requiere componente de arena ya que el producto triturado contiene la proporción correcta de grano fino, o sea, que se obtiene un agregado apropiado para concreto en un solo paso a través de una sola máquina.

Este agregado imparte al concreto buena resistencia porque el material en su paso por la quebradora preferentemente se ha triturado conforme a las fisuras naturales en su estructura; de ahí que el material obtenido no presente puntos débiles. Por otra parte, el producto es totalmente anguloso, lo que es un aspecto favorable para la obtención de un buen concreto.

Máquinas de Cribado.- Son máquinas de oscilación que pueden aplicarse desde la selección de sal y azúcar hasta la clasificación de grava para concreto con la curva granulométrica óptima.

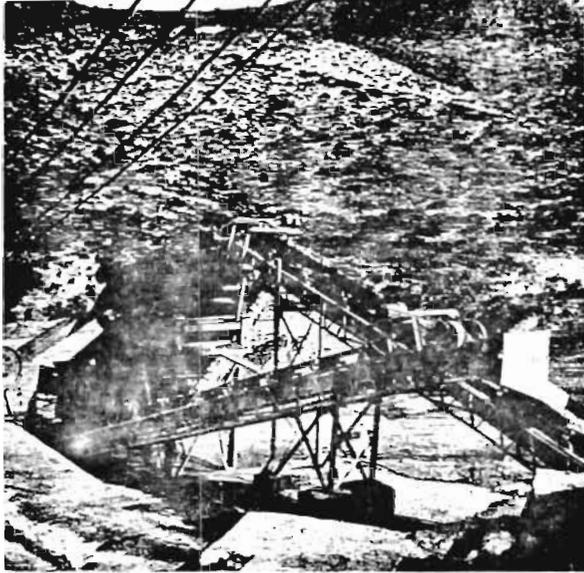


Foto no. 13.- Banda Transportadora en el Cerro de San Pedro.

La amplitud de oscilación puede definirse entre 0.5 y 15 mm. y la frecuencia entre 800 y 3000 oscilaciones -- por minuto, cifras que permiten un amplio rango de aplicaciones. Para del material sobre la criba se debe prever -- una inclinación de 10 a 20°.

La oscilación circular actúa positivamente en lo -- respecta a la autolimpieza de las telas, sin peligro de -- que se tapen.

Todo producto a cribar tiene un óptimo en la amplitud de oscilación y en la frecuencia de excitación. En general se puede decir que granos pequeños requieren pequeñas amplitudes con grandes frecuencias, mientras que granulometrías gruesas exigen grandes amplitudes y bajas frecuencias.

A3-2-5.- USOS

Los triturados se usan en la construcción de carreteras como relleno en sus bases y como concreto asfáltico en la superficie de las mismas. En la construcción se ---

usan en concretos, prefabricados, fachadas y rellenos. Se usa también como balasto en las vías férreas.

A3-2-6.- MERCADO Y COSTOS

Cuando no existen gravas o arenas naturales, la demanda de agregados se abastece con roca triturada.

En la Cd. de San Luis Potosí existen suficientes depósitos de arenas naturales, aunque los de grava son escasos y no satisfacen las necesidades de la industria de la construcción. Se requiere entonces de roca triturada. Algunos municipios que están dentro de la zona de estudio, como Cerritos y Guadalcázar, entre otros, no cuentan con agregados naturales y todas sus necesidades son cubiertas con roca triturada.

Los triturados soportan un radio de transporte menor que el de los agregados naturales porque además de los costos de transporte, su valor final incluye costos de extracción, trituración y clasificación.

A4.- ARENA

A4-1.- GEOLOGIA

La arena es una roca silíceica o calcárea de grano fino y suelto cuyo tamaño oscila entre 1 y 2 mm. Forma depósitos sedimentarios de los cuales existen enormes bancos en lo que fueron lechos de antiguos ríos y mares. Su color y granulometría son índices seguros de su origen y de cómo se ha disgregado de la roca.

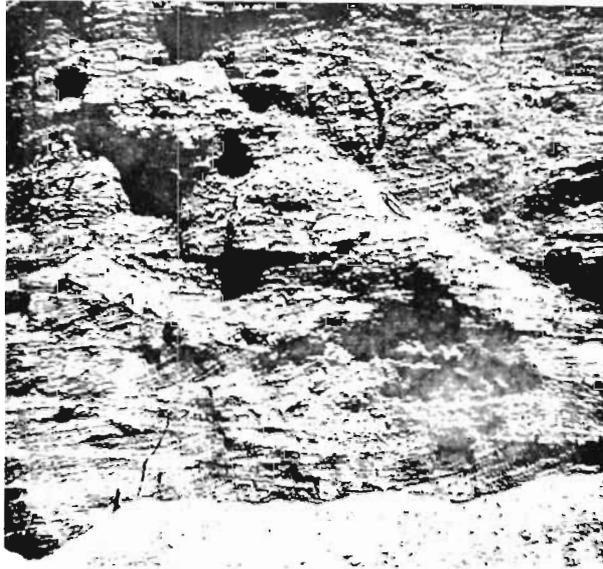


Foto no. 14.- Banco de arena con estratificación -- cruzada al Norte de la ciudad.

A4-2.- LOCALIZACION

La arena puede encontrarse en casi cualquier parte del Valle de San Luis Potosí, desde 0 hasta varias decenas de mts. de profundidad. Numerosos depósitos se están explotando en el Norte de la ciudad, de donde se abastece principalmente la industria de la construcción local.

A4-3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Las arenas dan volúmen y fuerza a los concretos, -- morteros, etc. Pueden dar características especiales a -- las construcciones tales como aislamiento térmico y acústico, resistencia al desgaste e impermeabilidad, entre -- otros.

El material debe ser limpio, con partículas firmes y sólidas que ayuden a mantener un estado físico y químico que resistan un largo período de tiempo dentro del --- cual las construcciones son atacadas por agentes de intemperismo, deslizamientos, hinchamientos, etc. No deberán -- estar contaminadas por material arcilloso, sales o mate-- ria orgánica porque al combinarse con la cal podrían constituir carbones que retardan la solidificación.

Existe una clasificación de la arena según su tama-- ño:

DENOMINACION	TAMAÑO DE LOS GRANOS (mm.)
Arena muy gruesa	2 - 1
Arena gruesa	1 - 1/2
Arena mediana	1/2 - 1/4
Arena fina	1/4 - 1/8
Arena muy fina	1/8 - 1/16

La arena que más se usa en la construcción es la de tamaño mediano. Cuando la arena no está bien clasificada-- se tamiza para unificar el tamaño, principalmente cuando-- se va a utilizar en revoques, en donde se requiere una superficie uniforme.

Las arenas tienen forma tan arredondada como hayan-- sido transportadas. El desgaste que sufren durante el acarreo tiende a eliminar las aristas de los granos.

Dentro de las reacciones químicas que puede sufrir-- una arena y que pueden afectar el tiempo de vida de las - construcciones están:

- Reacción de minerales que contenga la arena con - el cemento alcalino.
- Oxidación por intemperismo

A4-4.- EXTRACCION Y PROCESO

Los depósitos de arena de los que se abastece la industria de la construcción local no son regulares, pueden tener espesores potentes de mas de 7 mts. Se encuentra en forma de bolsas o capas lenticulares de diversos tama-- ños y están cubiertos por una capa de suelo de espesor variable.

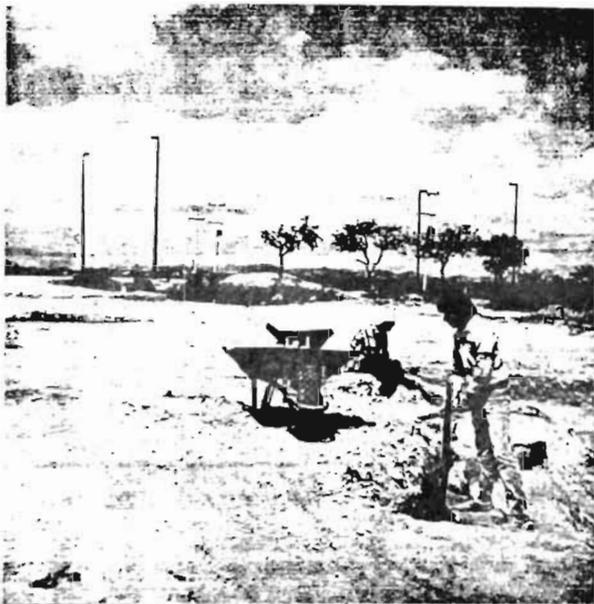


Foto no. 15.- Descapote de la tierra que cubre a un manto de arena cerca de la carretera al aeropuerto.

Para poder extraer la arena, es necesario quitar la capa de tierra que la cubre. Entonces está lista para ser cargada a los camiones y transportarse. Si el espesor de la capa de arena es menor que el de la capa de tierra, no es costeable su extracción.

Cuando no se emplea maquinaria pesada, el descapote del yacimiento se realiza con pico y pala.

Existen, por otro lado, compañías que trabajan con maquinaria y extraen la arena en gran escala, el descapote del manto y el cargado de camiones se hace con pala mecánica.

Las compañías constructoras prefieren abastecerse de arena de los bancos donde se trabaja con maquinaria pesada porque la operación de extracción y cargado de los camiones es muy rápida. Sin embargo, como estas tienen mucha demanda, dichos constructores tienen que recurrir a las personas que la trabajan a escala pequeña. El costo es aproximadamente el mismo, aunque la limpieza del mate-

Foto no. 16.-
Obreros descapo-
tando un banco -
de arena.



Foto no. 17.-
Descapote de un ban-
co de arena con má-
quina.



rial es mejor donde no se usa maquinaria pesada.

Cuando la arena se usa en concretos se emplea tal como se recibe del depósito. Para los usos en que es necesario que la arena tenga un tamaño uniforme libre de impurezas, solamente se criba.



Foto no. 18.- Pala mecánica cargando un camión.

A4-5.- USOS

La arena dentro de la construcción se puede usar en revoques, enlucidos, pavimentos, concretos y morteros.

El mortero o mezcla es un producto muy importante en la construcción y en donde la arena tiene su mayor uso. Es un aglomerante que se obtiene amasando cal con arena y/o cemento. Se usa para trabar piedras o ladrillos así como revoques y pavimentos.

A4-6.- MERCADO Y COSTOS

La arena es un material que tiene un costo relativamente bajo porque no lleva ningún proceso, excepto el tamizado. Por esta razón, el mercado debe estar a una distancia no mayor de 15 kms.

A5.- ARCILLA

A5-1.- GEOLOGIA

Es un agregado de minerales y sustancias coloidales cuyas partículas tienen dimensiones del orden 0.002 mm. - de diámetro. Se originan por la intemperización química - de rocas preexistentes. El tipo de arcilla producida depende de la composición de la roca madre y de las condiciones de intemperismo que prevalezcan.

A5-2.- LOCALIZACION

Como parte del aluvión que rellena toda la parte central del área que forma el valle de San Luis Potosí, - existen depósitos de arcilla en los alrededores de la ciudad.

La mayoría de las arcillas que se extraen en esta ciudad se localizan en un radio no mayor a 15 kms.



Foto no. 19.- Banco de arcillas.



Foto no. 20.- Amasando y moldeando arcillas para -- producir ladrillos. *

Las arcillas comunes empleadas en la fabricación de ladrillo para construcción no necesitan algún manejo especial antes de ser amasadas y horneadas. Solo se requiere eliminar fragmentos de roca y materia orgánica lo cual se hace manualmente.

La arcilla se mezcla con agua y se moldea en la forma deseada. Se seca al sol y se hornea.

A5-3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

La palabra arcilla se aplica por lo común a las sustancias terrosas formadas principalmente por silicatos -- aluminicos hidratados con material coloidal y trozos de roca, que generalmente se hacen plásticas cuando están húmedas y pétreas por la acción del fuego. Estas propiedades dan a las arcillas su utilidad puesto que se pueden moldear casi en todas las formas que conservan después de ser sometidas a la acción del fuego. La facilidad con la que se encuentra arcilla en todas partes, lo barato de su extracción y la adaptación en tantos usos, ha hecho que los productos de la arcilla tengan muchas aplicaciones en

la moderna civilización industrial.

Algunas sustancias presentes en las arcillas les dan ciertas propiedades que determinan el valor y uso de una arcilla dada. Sin embargo en construcción se utilizan principalmente tipos corrientes de arcillas de grado inferior para la fabricación de ladrillos.

Una propiedad importante de las arcillas es la fusibilidad que comienza a los 1000°C con las arcillas de bajo grado y llega a 1300° a 1400°C para las arcillas refractarias. Esto les permite emplearse en la fabricación de ladrillo refractario usado en los interiores de hornos para cal, cemento y en la industria metalúrgica en general. La mayor o menor cantidad de sílice y alúmina hacen que las arcillas sean o no refractarias.

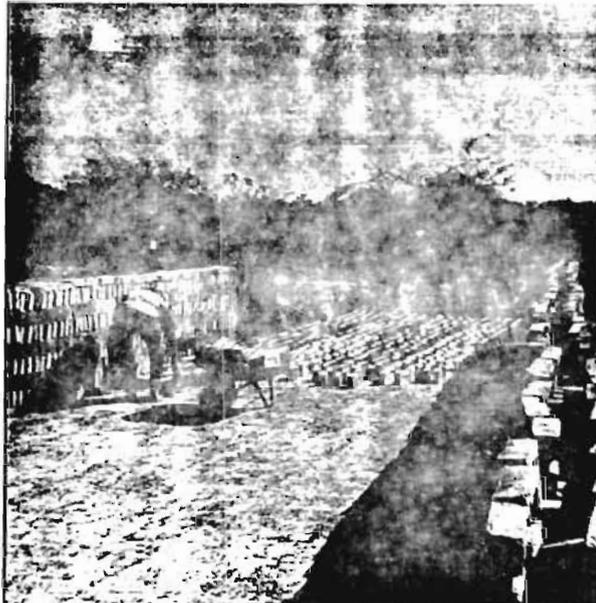


Foto no. 21.- Secado de ladrillos antes de hornear.

A5-4.- EXTRACCION Y PROCESO

La extracción de las arcillas es igual a la de la arena (ver apartado A4-4) y se hace en forma manual usando pico y pala o con palas mecánicas.

Cabe mencionar que las arcillas forman parte de la capa de suelo donde se desarrolla la vegetación y se practica la agricultura. Esta capa de suelo desaparece al extraer las arcillas y arenas; para que vuelva a formarse otra capa similar tendrán que transcurrir varios cientos de miles y hasta millones de años.

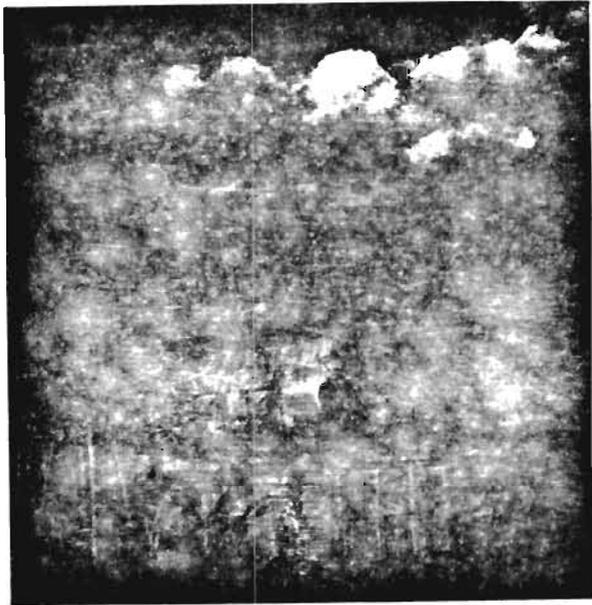


Foto no. 22.- Extracción de arcillas.

Algunos productos de arcilla, entre ellos ciertos ladrillos especiales para fachadas e interiores reciben tratamientos superficiales después de ser horneados. Por ejemplo, el vidriado y esmaltado se añaden después de sacado el objeto del horno y ello se efectúa sumergiendo el objeto a la materia esmaltadora o bien rociando ésta o espolvoreandola tras la cual vuelve el objeto al horno para que la materia añadida funda y quede fijada.

A5-5.- USOS

Los productos de arcilla tienen innumerables usos. - En construcción el uso principal en la fabricación de ladrillo y teja. Otros usos son en la manufactura de ladrillo refractario, cemento portland, como relleno, etc..

A5-6.- MERCADO Y COSTOS

El mercado para este tipo de materiales está bien - asegurado a juzgar por la gran demanda de ladrillo para - construcción, según lo manifiestan los productores. Sin - embargo, el radio de mercadeo es restringido debido a que es fácil encontrar la materia prima que es la arcilla. So lo aquellos productos fabricados a partir de arcillas es- peciales tienen un mercado más amplio.

Al igual que la mayoría de los materiales para cons- trucción, la extracción y el transporte son el principal - factor que afecta el costo de las arcillas, seguido de el proceso. Se debe tener en cuenta, sin embargo, el bajo -- costo de la mano de obra y lo sencillo del proceso, que - en general permite un amplio margen de utilidad a los pro- ductores.

A6.- CEMENTO

A6-1.- INTRODUCCION

La gran extensión que han adquirido las carreteras y la construcción de edificios ha influido decisivamente en la producción de cementos. El cemento es una materia - que cuando se mezcla con el agua endurece o fragua, tanto en el aire como debajo del agua. Escencialmente es una -- mezcla de unas tres partes de caliza y una parte de arcilla calcinadas hasta las proximidades del punto de fusión y molidas hasta formar polvo.

A6-2.- LOCALIZACION

Dentro de nuestra área de estudio no existe ninguna planta cementera, pero sí lugares apropiados que cuentan con abundantes materias primas y buenas vías de comunicación. Estas son: la región Cerritos-Guadalcázar que cuenta con una gran variedad de productos como son calizas, yesos, arcillas, caolín y bauxita, cuenta además con buena infraestructura; y la región Salinas-Villa de Ramos -- que posee calizas, arcillas y óxidos de hierro, aunque és ta última queda fuera del área de estudio.

A6-3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS *

El cemento portland se hace calcinando, hasta formar escoria, una mezcla finamente molida que contiene --- aproximadamente 75% de CaCO_3 y 25% de material arcilloso con 20% de SiO_2 , Al_2O_3 y 5% de magnesio.

La calcinación libera al CO_2 y los constituyentes resultantes se combinan para formar silicatos, aluminatos y ferratos de calcio complejos, que a su vez se descomponen formando otros compuestos.

El CaO lo proporciona en parte la caliza, la escoria de altos hornos y las conchas de ostras. Las arcillas proporcionan SiO_2 y Al_2O_3 .

La caliza pura no es necesaria ni deseable.

Las combinaciones de las materias primas utilizadas son las siguientes:

- a) Caliza con arcilla
- b) Escoria de altos hornos y caliza
- c) Marga y arcilla
- d) Conchas de ostras y arcillas

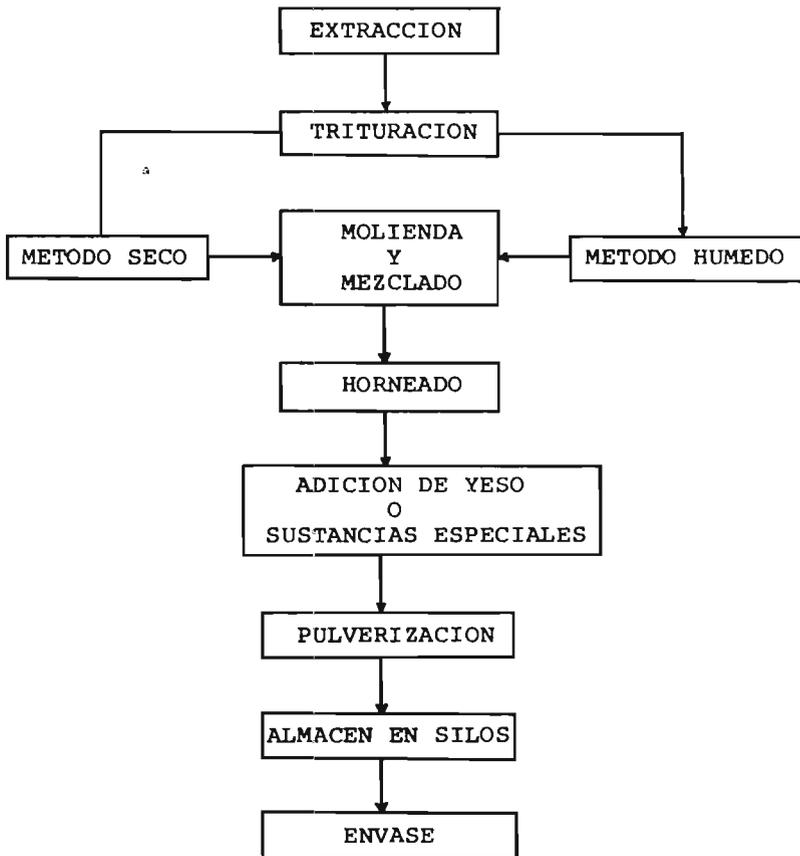
* Traducido del "Industrial Minerals and Rocks".

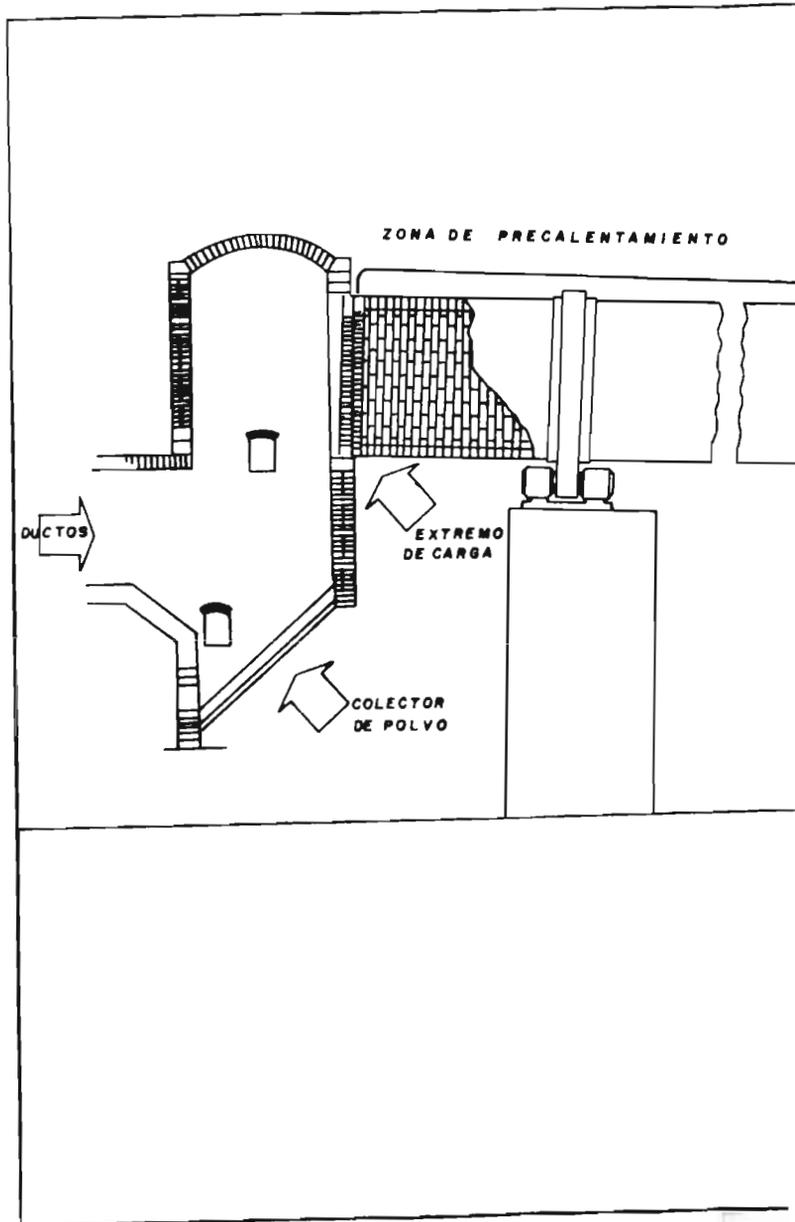
En muchas fábricas las materias primas son sometidas a flotación para eliminar los minerales indeseables.

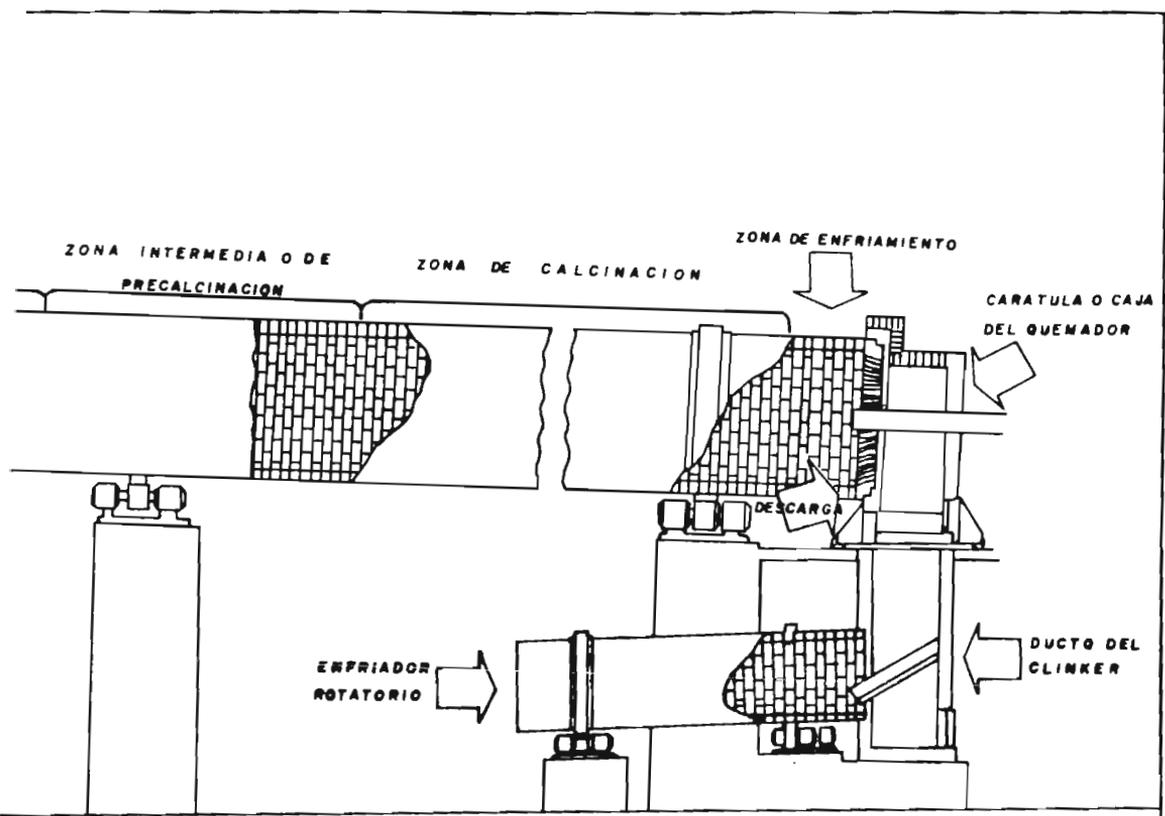
Antes del pulverizado final se le añade un 3% de yeso para impedir el fraguado demasiado rápido.

A6-4.- PROCESO

El proceso del cemento en general es como sigue:







U A S L P FACULTAD DE INGENIERIA AREA CIENCIAS DE LA TIERRA		
TRABAJO RECEPCIONAL		
MORNO ROTATORIO		
FAUSTO GONZALEZ DIEGO FERNANDEZ	LAM. 9	1988

TRITURACION.- Una vez extraídas, las materias primas son transportadas hasta una quebradora primaria que las tritura hasta un cierto tamaño, después pasan a una criba vibratoria que separa el material que será transportado a trituration secundaria y el material grueso regresa a la trituration primaria para su correcta trituration.

MOLIENDA Y MEZCLADO.- El siguiente paso es la molienda y mezcla de materiales; la molienda es con el fin de obtener una mezcla homogénea de partículas finas para ser procesadas en el horno. El tamaño de las partículas es reducido a unas 200 mallas aunque esto puede variar de acuerdo a cada planta.

La etapa de molienda se puede llevar a cabo por dos métodos: Húmedo y Seco.

Método Húmedo.- Se ha desarrollado con buenos resultados. Al humedecer las materias primas aumenta la eficiencia del mezclado, baja los costos en el uso de combustibles y su proceso es más manejable. Por muchos años este proceso se ha utilizado en plantas de los Estados Unidos, aunque recientemente se está impulsando el empleo de plantas de vía seca utilizando mejores diseños para abaratar el costo de los combustibles usados. La molienda de la materia prima utilizando diversos y variados métodos que dan tamaños diferentes es la diferencia entre el proceso húmedo y seco. Estrechamente ligado al método húmedo está el empleo de molinos de trituration de bolas. En este método el agua es agregada directamente al molino. El producto de esta molienda es un lodo con 47% de agua como mínimo para su manejo y así poder bombearlo. Las fracciones gruesas que no fueron molidas correctamente son regresadas al molino.

El equipo utilizado en esta etapa de proceso con cribas vibratorias, hidroseparadores y espesadores de lodos; el lodo después de pasar por estos aparatos es bombeado a depósitos donde es agitado y mezclado para obtener una mezcla homogénea, de aquí se manda a un almacén para su transportación posterior al horno.

En esta etapa es muy importante que se haya tenido control sobre el proceso de molienda y mezcla, debido a que en este proceso se utiliza un horno de grandes longitudes hasta 760 pies donde la mezcla debe recorrer esta distancia en forma continua, si fué hecha adecuadamente, si no fué, se retardará el tiempo de recorrido y se usará más combustible para calcinar la mezcla además de retardar el proceso en general.

Método Seco.- Este método consiste en reducir a finos la materia prima y mezclarla a base de aire caliente para eliminar su humedad y homogenizarla.

Los componentes del cemento son molidos hasta niveles de polvo para ser transportados por aire hasta una criba donde las partículas finas y gruesas son separadas inyectando aire caliente. Las partículas gruesas son recicladas para su correcta trituration y todo el material fino es desviado a una bomba neumática para impulsarlo a los silos de secado. Aquí la materia prima molida y combinada es secada con aire caliente hasta obtener una humedad menor al 1% que facilita su manejo en las siguientes etapas del proceso. El método seco libera mucho polvo, pero el empleo de colectores permite capturarlo e introducirlo al proceso evitando contaminación y desperdicio.

HORNEADO.- Esta etapa es efectuada a través de un horno horizontal rotario (ver lam. 9) que constituye la parte más importante de una planta cementera, ya que su producción está en función directa de la capacidad del horno.

Al someter los componentes del cemento a altas temperaturas provoca cambios tales como reacciones y combinaciones que dan origen a una pasta de minerales llamada clinker, al cual se le agrega yeso y algunos componentes secundarios. Este producto es nuevamente molido para dar lugar propiamente al cemento.

A6-5.- VARIEDADES DE CEMENTO

La diversidad de aplicaciones que tiene el cemento es debida a que agregandole algunos componentes secundarios, o controlando la proporción de sus propios componentes tales como sílice y la alúmina se pueden obtener diferentes tipos de cementos:

Tipo 1. Cemento común, el que normalmente es usado en la construcción.

Tipo 2. Cemento para concreto que requiere una moderada resistencia a los sulfatos o para que frague a altas temperaturas.

Tipo 3. Cementos de alta resistencia

Tipo 4. Cementos de alta resistencia a los sulfatos

Tipo 5. Cementos de baja temperatura de fraguado.

El yeso que se adiciona al cemento determina su tiempo de fraguado. Normalmente se le agrega un 3% y al aumentar este porcentaje disminuye el tiempo de fraguado.

Los cementos de fraguado lento tienen una mayor re-

sistencia y un fácil manejo. Los de fraguado rápido son - utilizados en obras hidráulicas.

Un factor que afecta proponderantemente la resistencia de los cementos es el tamaño de las partículas que lo constituyen, ya que a menor tamaño crece la resistencia.- Cuando las partículas son excesivamente pequeñas el efecto es contrario. Por esta razón se determina la composición granulométrica de los cementos mediante tamices de acuerdo a normas establecidas por instituciones especializadas.

A6-6.- MERCADO

El mercado nacional del cemento está controlado por cinco grupos que son:

1) Grupo Cementos Mexicanos que cuenta con 8 plantas con una capacidad instalada de cerca 7.5 millones de toneladas anuales. Una planta de este grupo se encuentra en Cd. Valles, San Luis Potosí.

2) Grupo Cementos Tolteca con trece plantas en la república, las cuales suman una capacidad instalada de aproximadamente 6.0 millones de toneladas al año.

3) Grupo Apaxco que cuenta con cuatro plantas con una capacidad instalada de más de 5.5 millones de toneladas al año, además produce cal y yeso.

4) Cementos Anahuac, tres plantas que suman una capacidad instalada de 3.5 millones de toneladas al año. -- Una de estas plantas está en Tamuín, S.L.P. y en la Cd. - capital está una envasadora.

5) Cooperativa Cruz Azul que posee dos plantas con una capacidad instalada de cerca de 2 millones de toneladas anuales y abastece Centro y Sur de la república.

Existen otras cementeras más pequeñas que ocupan un sexto lugar, pero su producción es utilizada para hacer prefabricados.

El principal mercado Internacional de México es los Estados Unidos, que en 1985 importó 12 millones de toneladas, las cuales México aportó aproximadamente 10%.

Se prevee que para los próximos años las exportaciones de cemento se incrementarán notablemente en nuestro país debido a la baja demanda interna y al ingreso de México al GATT.

ROCAS IGNEAS:

- DEFINICION
- TOBAS E IGNIMBRITAS

IIB.- ROCAS IGNEAS.

B1.- DEFINICION

Las rocas ígneas son aquellas que se forman por el enfriamiento y consolidación del magma o de la lava; son también llamadas rocas primarias.

Se clasifican en:

- a) Rocas ígneas extrusivas (lávicas y piroclásti---cas).
- b) Rocas ígneas intrusivas (hipabisales y plutóni---cas).

Cuando el magma sale a la superficie por algún conducto natural se llama lava, la cual se solidifica dando origen a las rocas ígneas extrusivas lávicas.

Las rocas piroclásticas son los productos de las explusiones volcánicas y comprenden fragmentos de origenes diferentes, de muchas formas y de muchos tamaños. Algunas acumulaciones productos de explosiones volcánicas son relativamente uniformes en composición y textura; otras son mezclas heterogéneas.

Las ignimbritas son rocas formadas por nubes ardientes.

Las rocas piroclásticas se clasifican según el tamaño de los fragmentos que las forman en : Aglomerados y --brechas volcánicas con más de 32 mm. de diámetro; y en tobas desde 32 mm. a menos de 1/4 de mm. de diámetro.

Cuando el magma no alcanza a salir a la superficie y se consolida en el interior de la corteza terrestre ---constituye las rocas ígneas intrusivas. Si estas rocas -quedan cerca de la superficie se denominan hipabisales y cuando llegan a mayor profundidad se llaman plutónicas. -Las rocas intrusivas pueden estar expuestas en la super---ficie por erosión y por fallamiento.

B2.- TOBASE IGNIMBRITAS

En la zona de estudio las tobas y las ignimbritas, -son las rocas ígneas que más se han explotado en la pro--ducción de cantera. Esto se debe a que por su naturaleza, son relativamente fáciles de extraer y labrar. Otras ro--cas ígneas como las riolitas, granitos, basaltos, pumici--tas, etc., son usadas en cimientos, muros, fachadas y chimeneas principalmente. Sus hermosos colores y texturas --hacen que sean muy solicitadas llegando a soportar ampli--os radios de mercado. En el área de estudio estas rocas -son escasas y son traídas de otros municipios y estados.

B2-1.- GEOLOGIA *

Las tobas que se están explotando en la producción de cantera, en casi su totalidad pertenecen a la ignimbrita cantera descrita originalmente con éste nombre por Labarthe-Tristán-Aranda (1978). En el folleto técnico no. 85 de Labarthe-Tristán-Aranda (1982) se propuso formalmente como ignimbrita cantera, considerando su localidad tipo el arroyo de la cantera, localizado a 2.5 Km. al NE del poblado de Arroyos, S.L.P., y su sección tipo en la Barranca del Cerro Alto, al Norte del poblado de Calderón S.L.P., en donde aflora su base y su cima.

Consiste de un paquete de rocas que fueron agrupadas en 4 miembros:

Miembro 1. Su base es un vitrófido lenticular, de color negro a gris oscuro, de 2 a 20 m. de espesor. Cuando no aparece este vitrófido, la base la constituye un flujo de cenizas, sin soldar a pobremente soldadas, de color blanco-crema amarillento a gris rosáceo. Tiene abundante pómez tubular sin colapsar. Su espesor es de 10 a 40 m.

Miembro 2. Consiste de un horizonte índice, que ha servido de referencia, de la misma toba sin soldar, de color gris claro a crema. En ocasiones presenta estratificación y gradación, pero en general es masiva.

Miembro 3. Consiste de una ignimbrita de color gris rosáceo a café grisáceo, con 30-40% de fenocristales de sanidino, cuarzo y algunos de biotita.

En general este miembro está bien soldado y hacia su parte superior tiene cristalización en fase de vapor en cavidades y fracturas.

Miembro 4. Está restringido a la parte interior de una posible pequeña caldera, en la Presa del Peaje, sobre el Km. 12 de la carretera no. 80. Se trata de una toba de pósitada por aire de color blanco-crema a café claro, bien gradada y estratificada en capas de 5 a 40 cms. con intercalación de horizontes de ceniza fina con otros del tamaño de la arena.

B2-2.- LOCALIZACION

Los cortes de donde se extrae la cantera se encuentran en la Sierra de San Miguelito, Sierra que rodea a la Cd. capital en su parte Oeste y Sur como se puede ver en el mapa general.

* Tomado del folleto técnico no. 85, UASLP.

La mayor producción de cantera se extrae de los alrededores del Ejido Escalerillas, en donde la ocupación principal de sus habitantes es la cantería. Se localiza al poniente de la Cd. en el Km. 10 de la carretera San -- Luis-Guadalajara. El banco más importante (foto no. 23), - de donde se extrae la cantera para tallar y cortar, se encuentra en el arroyo el Potosino, unos 3 Kms. aguas arriba de Escalerillas. La piedra que se usa en mampostería, - adoquines y cimientos se extrae de muchos lugares de la - Sierra de San Miguelito, donde se tenga un buen acceso y - la roca sea fácil de extraer.

B2-3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Roca para tallar y cortar.- Para su extracción, debe de estar libre de grietas y fracturas muy próximas entre sí, pues de lo contrario no pueden extraerse bloques-utilizables. Ciertas líneas de fractura bien esparcidas - deben necesariamente ayudar a la extracción, permitiendo así la ruptura de la roca por una o más superficies planas (foto no. 24), de otra manera tendría que ser trabajada por todas las caras para eliminar sus angulosidades.

La roca debe ser compacta y químicamente inerte para que resista el intemperismo y el desgaste. Para ser tallada o cortada deberá tener un mínimo de cuarzo, pues la dureza de éste dificulta más su proceso y se desgasta rápidamente la herramienta y la maquinaria.

Otras especificaciones de no menor importancia son las propiedades estéticas de la roca, que en ocasiones -- llegan a predominar sobre los demás requerimientos. Estas son el color y la textura. La calidad de la cantera depende mucho de estos dos factores que varían de acuerdo al -- gusto y a la moda.

Roca para mampostería y cimientos.- Para estos usos los requerimientos son menores. Se busca una buena resistencia a la compresión, por lo que la cantera debe ser -- compacta, pero a la vez debe tener facilidad de extra---- ción.

B2-4.- EXTRACCION

La explotación de la toba siempre se ha hecho a cielo abierto. El método que se emplea es sencillo. Las personas que se encargan de ello no tienen los recursos suficientes para adquirir maquinaria que les facilite el trabajo.

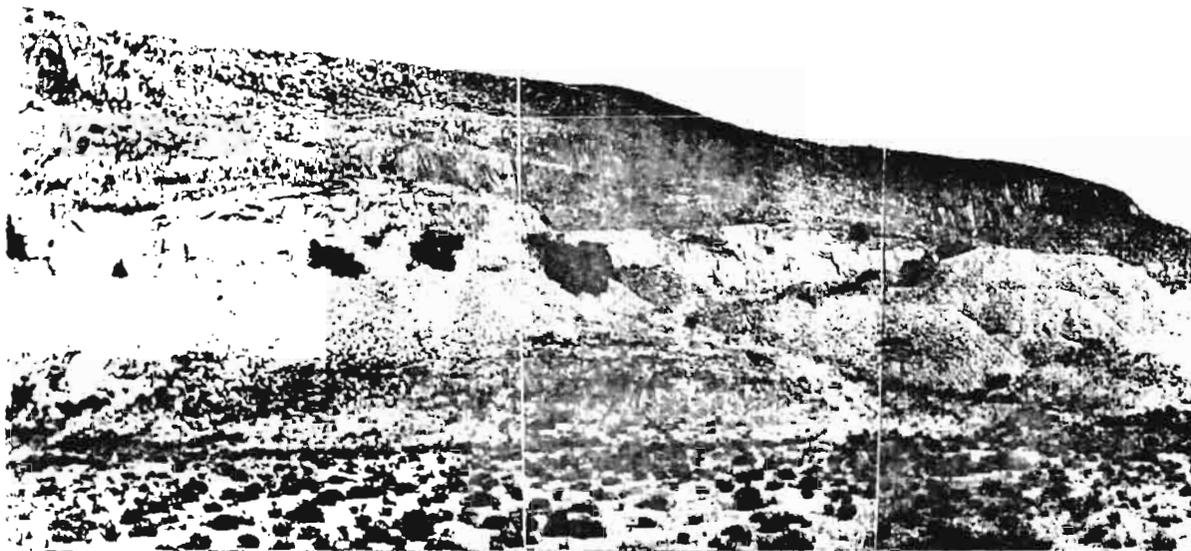


Foto no. 23.- Banco de cantera en el arroyo el Potosino
3 Kms. aguas arriba de Escalerillas.



Foto no. 24.- Planos de fractura en un banco de Cantera sobre el arroyo el Potosino.

El método consiste en barrenar y dinamitar la roca. Generalmente se usa un solo barreno para no fragmentar mucho el material desprendido. El agujero se hace golpeando la roca con una barra hasta la profundidad que se requiera la cual depende a la altura del tajo.

Lo ideal es que con un mínimo de carga explosiva se desprenda la mayor cantidad posible de roca y que los fragmentos sean utilizables de acuerdo al uso que vayan a tener.

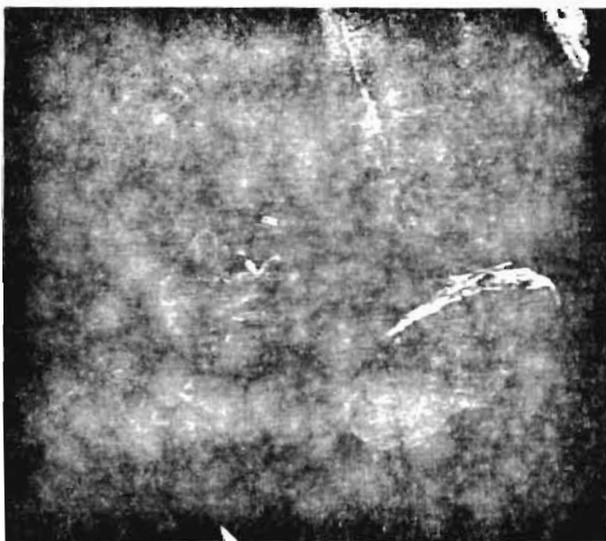
Cuando la roca va a ser empleada en mampostería o para cimientos, se necesita que ésta quede lo suficientemente fragmentada para poder obtener con facilidad trozos que varían de 20 a 40 cm. no importando la forma.

Por otra parte para la obtención de bloques de gran tamaño (para laminar, tallar o cortar), se emplea menor carga explosiva para que las fracturas queden bien espaciadas y se desperdicie menos material. Cabe mencionar que los cantereros no emplean técnicas especiales para la



Foto no. 25.-
Barrenación manual
en un banco de Can-
tera cerca del --
arroyo el Potosino

Foto no. 26.-
Extracción de piedra
para mampostería en-
la Mesa los Conejos.



extracción y solo acondicionan los barrenos a la situación que la formación rocosa las presente de tal forma -- que les permita optimizar sus recursos y producir más.

B2-5.- PROCESO

Para los diversos usos que tiene la cantera se tienen diferentes procesos, estos son:

a) Piedra en bruto.- La piedra en bruto empleada como mampostería y cimentación requiere de un tamaño adecuado que varía de 20 a 40 cm. Para lograr esto, después de extraerse, la toba se rompe en forma manual con un marro. La forma de los bloques así obtenidos es irregular y para los usos que se mencionan no requiere ningún otro proceso.

b) Piedra para cortar.- Para este proceso se emplean máquinas cortadoras y laminadoras. Estas aceptan bloques de diferentes tamaños (ver maquinaria), los cuales se fabrican en el mismo lugar de la extracción. El espesor de los bloques y láminas que se obtienen mediante este proceso, varían según el uso que se vaya a tener.

c) Piedra para tallar.- Los mismos bloques que se procesan en las cortadoras se pueden emplear en los talleres de los artesanos. Estos modelan los bloques con cincel hasta darle la forma deseada. Después se talla con lija para pulir las superficies ásperas (Foto no. 27).

Los productos mencionados se elaboran en talleres pequeños, generalmente a nivel familiar.

B2-6.- MAQUINARIA

La maquinaria para la extracción como ya se mencionó anteriormente es muy rudimentaria, únicamente se usan barras, picos, marros, palas y cuñas.

Cuando el proceso es manual, son utilizados implementos sencillos tales como cinceles, lijas y martillos.- En este caso el trabajo es lento y por consiguiente la producción es baja.

En los últimos años la maquinaria para el proceso se ha modernizado. Existen máquinas cortadoras y laminadoras que están sustituyendo a los instrumentos mencionados facilitando así el trabajo, aumentando la producción y disminuyendo los costos.

CORTADORAS.- Las cortadoras consisten de un disco de diamante accionado por un motor montado en un carril,-



Foto no. 27.-
Labrado de bloques
para tallar o cor-
tar, cerca del ---
arroyo el Potosino

Foto no. 28.-
Productos elaborados
manualmente en talle
res del ejido Escale
rillas.



que le permite moverse horizontalmente. La máquina es especial para cortar bloques cuyo espesor no exceda de 45 cm. El tamaño de las piezas cortadas depende de las especificaciones del comprador.

LAMINADORA.- Consiste de una base fija y una estructura móvil a la que se le adaptan cuchillas (sierras) de aproximadamente 1.5 a 2 m. de largo. Las cuchillas se pueden separar o cerrar entre sí para obtener láminas del espesor que se desee. La estructura móvil tiene movimiento horizontal que le hace funcionar en forma de sierra, pero también posee movimiento vertical que le permite ajustarse a la altura del bloque y descender a medida que se vaya cortando.

Este tipo de máquina es especial para cortar bloques de gran tamaño.



Foto no. 29.- Fachada de la Iglesia del Carmen en la Cd. capital, labrada en cantera.

B2-7.- MERCADO Y COSTOS

El principal mercado para los productos de cantera es la Cd. de San Luis Potosí. La mayoría de los productores venden sus artículos en el mismo taller. Algunos llevan sus productos a la ciudad y los ofrecen a los constructores o gente dedicada a la venta de materiales y artículos de construcción, de esta manera evitan a los intermediarios y obtienen mejores ganancias.

Según datos proporcionados por los mismos productores, estos artículos de cantera tienen muy buena aceptación en los Estados del Norte de la República tales como Monterrey, Saltillo, Piedras Negras, Nuevo Laredo, Chihuahua y algunos del centro como Guadalajara y México.

Los artículos que se venden a estos estados son comprados en los mismos talleres en grandes cantidades y a muy bajos precios por intermediarios que los revenden aproximadamente al triple de su precio original.

La producción en el Ejido Escalerillas es de unos 100 metros cúbicos al mes de materia prima, de los cuales 40 se venden a otros lugares y 60 se labran en los talleres de la misma localidad.

A continuación se da un ejemplo de los costos de un taller mediano. *

Costos de extracción
(incluye: mano de obra, pólvora y flete)

<u>Semanas</u>	<u>Mts³</u>	<u>Costo</u>
1	2	120,000.00
4	8	480,000.00

Costos de beneficios:

<u>Mano de obra</u>	<u>Sueldo Unitario</u>	<u>Mes</u>
4 Cantereros	20,000.00	320,000.00
2 Ayudantes	11,000.00	88,000.00
Costo total de producción al mes:		888,000.00

Utilidad

<u>Productos</u>	<u>Costo unitario</u>	<u>Mes**</u>
6 fuentes de 1.5 X 1.5	85,000.00	510,000.00
6 m. de barandal de 1m X 1m X 33 cm.	75,000.00	450,000.00
40 m ² de fachada	6,000.00	240,000.00
		<u>1'200,000.00</u>

* Costos en 1987

** Meses de 24 días hábiles

La información anterior fué proporcionada por Fomento Minero del Gobierno del Estado.



Foto no. 30.- Teatro de la Paz en la Cd. capital, -
construido a base de cantera.

ROCAS METAMORFICAS:

- DEFINICION
- MARMOL

IIC.- ROCAS METAMORFICAS

C1.- DEFINICION

Las rocas metamórficas son aquellas que han sufrido algún cambio físico o químico, subsecuente a su formación original. Este cambio se efectúa debido a las altas temperaturas y presiones, aunado a la acción del agua y de otros agentes químicos. Los cambios consisten en la formación de nuevos minerales, la adición o sustracción de constituyentes químicos y un reajuste físico de las partículas minerales para adaptarse a la presión existente en el nuevo ambiente. La roca original de la que se ha derivado una roca metamórfica puede ser tanto ígnea como sedimentaria.

Los factores o agentes del metamorfismo son tres:

1. Calor

2. Presión

Hidrostática
Tensión

3. Naturaleza de los fluidos

De las diversas combinaciones de éstos agentes resultan diferentes tipos de metamorfismo.

- Pirometamorfismo
- Metamorfismo de contacto
- Metamorfismo regional
- Metasomatismo
- Migmatización

C2.- MARMOL

C2-1.- GEOLOGIA *

El mármol es una roca metamórfica formada ya sea por metamorfismo de contacto o por metamorfismo regional de las rocas carbonatadas. Estas rocas son particularmente susceptibles al metamorfismo debido a la solubilidad de los materiales, a la facilidad con la cual se cristalizan bajo condiciones de temperatura y presión elevadas y a la reactividad de la calcita. Esta inestabilidad es aumentada en gran medida por la presencia de impurezas silíceas y aluminosas.

* Lexis 22 y Petrología de Huang.

Cuando el carbonato de calcio se calienta bajo presión, por ejemplo mediante una intrusión ígnea, la disociación es impedida, el dióxido es retenido y el mineral cristaliza como un agregado granoblástico formando el mármol.

En la industria de la construcción es común que el nombre de mármol se aplique a cualquier roca que se pueda pulir y laminar, tales como el travertino, el ónix y el mármol propiamente dicho.

C2-2.- LOCALIZACION *

En el marco de nuestra área de estudio son tres los yacimientos de mármol conocidos y que se explotan a escala pequeña. Ellos son el de Charco Blanco en el municipio de Guadalcázar; en Villa Hidalgo y en la Sierra de Alvarez, cerca de la presa las Golondrinas.

Existen yacimientos de mármol de muy buena calidad en el estado de San Luis Potosí, que tienen composiciones químicas así como otras propiedades muy análogas a las del mármol de Carrara en Italia. Desgraciadamente la mayoría de estos yacimientos no cuentan con la infraestructura suficiente para su explotación.

Para las personas interesadas damos aquí las ubicaciones de los yacimientos que son los que mayores posibilidades tienen de ser explotados (Estas localidades están fuera del área de estudio).

<u>MUNICIPIO</u>	<u>LAT. N.</u>	<u>LONG. W</u>	<u>DISTANCIA A LA CD</u> <u>DE S.L.P.</u>
Venegas	23°52'05"	100°57'00"	256 Km.
Venado	22°55'08"	101°55'08"	113 Km.
Cd. del Maíz	22°24'08"	99°36'00"	221 Km.

C2-3.- PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS **

Escencialmente el mármol está formado por calcita y/o dolomita. La naturaleza de los minerales accesorios depende de si la roca original fué caliza o dolomita y de las impurezas que contienen esas rocas.

Para su extracción, la roca deberá estar libre de fracturas para que se puedan sacar bloques utilizables como los que se ven en la foto no. 27.

Existen diversas calidades de mármol que están en

* Fuente: Gobierno del Estado.

** Pequeño Larousse de las Técnicas e Industrial Mineral and Rocks.

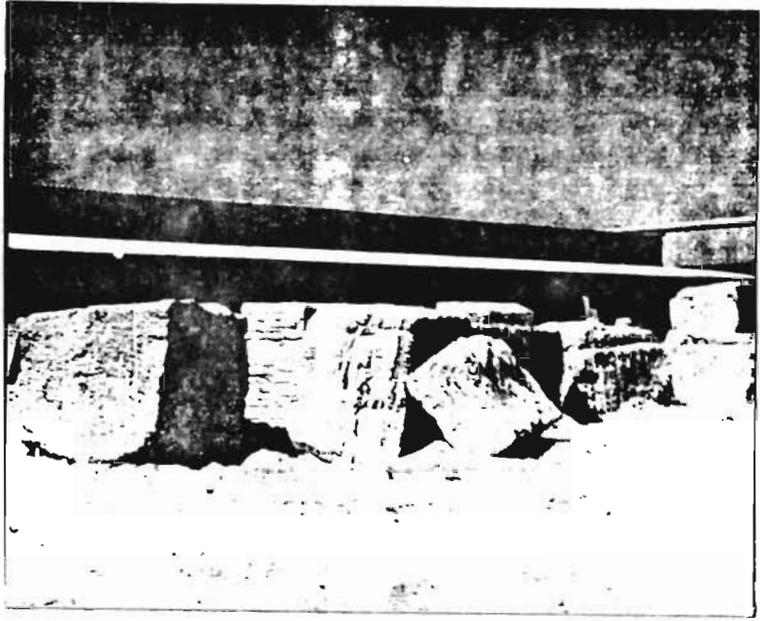


Foto no. 31.- Bloques de mármol extraído en Villa - Hidalgo.

función directa de las propiedades físicas y químicas que posean.

El color y la textura son las propiedades más importantes del mármol porque determinan la aceptación que puede tener el producto en el mercado.

Hay una variedad de colores que han sido utilizados para clasificar el mármol. Al estar puro el mármol es blanco, pero la presencia de óxidos metálicos o sustancias le confieren una variedad muy grande de colores y de dibujos a veces moteados, jaspeados, veteados, etc.

La calidad de un mármol con frecuencia es medida de acuerdo a la textura pues ésta determina el grado de pulimento que pueda tener. Cuando se intenta pulir un mármol de grano grueso este se desmorona fácilmente y es difícil obtener una superficie lisa. En cambio, a un mármol de grano fino puede darsele un mejor acabado y por lo tanto será de mejor calidad.

La vistosidad de los colores y dibujos del mármol -- es realizada cuando se pule. De ahí que sea una piedra -- muy apreciada en arquitectura, decoración y funeraria, -- distinguiéndose los siguientes tipos:

1. Mármol brecha, constituidos por fragmentos irregulares y angulosos de colores diferentes.
2. Mármol brocatel, presenta vetas o manchas de colores variados.
3. Mármol serpentino, de color verde abigarrado.

C2-4.- PROCESO

EXTRACCION.- La extracción del mármol se puede hacer en muchas formas que han evolucionado desde los métodos más antiguos que usaban los egipcios, griegos y romanos por medio de cuñas, hasta los métodos más modernos -- que se basan en el empleo del hilo helicoidal.

La extracción es siempre a cielo abierto, consiste básicamente en sacar bloques grandes de acuerdo a la maquinaria y uso que van a tener. Para ello, el tajo se hace en forma escalonada, donde cada escalón tiene la altura de los bloques que se extraen.

Extracción con cuñas.- Este método consiste en introducir una serie de cuñas a lo largo de la línea de extracción. La cuña tiene la propiedad de descomponer los esfuerzos verticales en dos fuerzas normales a las caras de la cuña.

Estas fuerzas al actuar en serie a lo largo de la línea de acuñación crean una zona de debilidad hasta formar una fractura.

Extracción con explosivos.- Este sistema no es muy adecuado para la extracción de mármol porque genera algunas fracturas indeseables y se desperdicia así mucho material útil. Se perforan barrenos en línea con poca carga explosiva, se denotan provocando una fractura a lo largo de la línea de barrenación.

Extracción con hilo helicoidal.- Esta es la forma más moderna y adecuada para extraer mármol. El hilo helicoidal consiste de tres hilos de acero, en aleación con tungsteno, que se trenzan formando un hilo sin fin cuya longitud varía desde decenas hasta cientos de metros.

El hilo se hace mover en circuito cerrado por medio de poleas, una de las cuales es motriz.

Para la instalación del hilo en la cantera, se hacen perforaciones en los extremos del o de los cortes que se van a realizar, con una profundidad según las dimensio

nes del bloque. Se coloca luego un carril fijo en cada perforación sobre la cual se mueve la polea, introduciendo el hilo en el corte.

El hilo se tensa y se hace mover a una velocidad de cinco a seis m/seg. El rozamiento del hilo con la roca hace una hendidura de tres a cinco mm. Este rozamiento va acompañado de arena sílica y agua. La arena sílica funciona como abrasivo.

El abrasivo viaja a lo largo de la hendidura por medio de el hilo (por eso es helicoidal).

En el área de estudio no existen explotaciones de mármol de importancia y ocasionalmente se extrae en pocas cantidades y usando el método de cuñas y de los explosivos.

TRANSPORTE.- El movimiento de los bloques, una vez extraídos, se hace cuidadosamente usando por lo común el plano inclinado que ha venido perfeccionandose a través de los años usando diferentes métodos para hacer deslizar los bloques desde el lugar de donde se extraen hasta un patio donde puedan ser transportados en camiones. En la actualidad el uso de grúas ha venido sustituyendo el sistema mencionado, haciendo más fácil el movimiento del mármol y con mayor seguridad.

Los bloques se transportan hasta los talleres, que generalmente se encuentra en los lugares de consumo.

En estos talleres los bloques son sometidos a laminación, corte, pulimiento y abrillantamiento.

Laminación.- La laminación se hace con máquina laminadora multihojas, aunque también en los últimos tiempos se ha venido usando el hilo helicoidal con muy buenos resultados. Las láminas obtenidas de mármol son cortadas para darle cuadratura, como puede observarse en la foto no. 32.

Pulimiento.- Posteriormente las láminas se someten a un proceso de pulido usando lijas de gruesas a finas. Generalmente se usan de tres a cinco lijas diferentes para cada lámina.

Abrillantamiento.- Finalmente, el abrillantamiento se hace con un tratamiento a base de ácido oxálico que permite definir bien los colores y texturas del mármol.

C2-5.- MAQUINARIA

La maquinaria empleada en la industria del mármol es muy variada. A continuación mencionamos algunas máquinas de uso actual y algunas de sus características.



Foto no. 32.-
Láminas de mármol

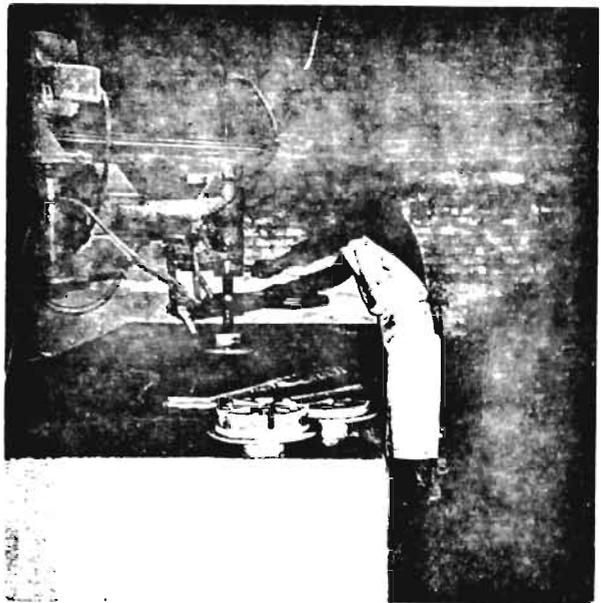


Foto no. 33.-
Proceso de pulido
y abrillantamiento

Hilo helicoidal.- Está formado de tres hilos de acero, de 1.60 a 2.80 mm. de diámetro cada uno, trenzados de tal forma que componen un solo cable con un diámetro que varía de 3.5 a 6 mm. Este cable se llama hilo helicoidal y es montado en un circuito cerrado sobre poleas que tienen un desarrollo longitudinal que varía de decenas de metros hasta mil metros según la cantidad de trabajo de corte.

El hilo tiene una velocidad de translación promedio de 5 a 6 m/seg. y se hace correr sobre la masa a cortar - vertiendo una mezcla de agua y arena sílica que sirve como abrasivo. El hilo también funciona como transportador de ésta mezcla, por eso va trenzado.

La arena que se utiliza debe ser silícea con un 80- a 95 % de cuarzo y una granulometría de 0.5 mm. a un máximo de 1 mm.

Laminadoras.- Constan de un marco cuadrángular sobre el cual se montan hasta 100 hojas paralelas con separaciones según se requiera.

En las laminadoras comunes las hojas son de acero - con un largo de 5.5 m., 7 cm. de anchas y un espesor de 4 mm.

Al corte se le añade una mezcla de arena sílica y agua; en algunos casos gránulos de acero.

El descenso de las cuchillas se ha perfeccionado y se hace en forma automática.

Cortadora de hilo helicoidal.- Se usa para hacer -- cortes de bloques que se deben dividir en dos a tres partes. No se usa para cortar bloques en placas de pequeño espesor pero puede cortar longitudes mayores a los 5 m. - que no caben en la laminadora. El sistema es igual al del hilo helicoidal mencionado anteriormente.

Cortadora continua.- Es para cortar placas pequeñas (parquet). Permite el corte de los cuatro lados de placas tanto cuadradas como rectangulares, a ciclo continuo.

Una plataforma móvil recibe la placa que se debe fijar fuertemente a ella. La plataforma pasa por los discos que cortan dos de los lados de las placas. En su movimiento continuo, la plataforma gira 90° antes de encontrar la segunda pareja de discos que produce el corte a los otros lados de la placa. Se puede tener después una tercera pareja de discos para placas hexágonoales y también una cuarta para octágonoales.

C2-6.- MERCADO

El mármol parece haber sido considerado anteriormen-

te como un material de lujo reservado exclusivamente a la arquitectura suntuosa, a los edificios públicos, dependencias oficiales y residencias, pero en los últimos años el uso del mármol ha tenido un desarrollo verdaderamente extraordinario y el precepto de lujo que tenía anteriormente ha sido superado gracias a la tecnología que ha permitido el abaratamiento de éste material, hasta el punto de que ya no es posible conservar una construcción de mediana categoría en la que el mármol no forme parte de la decoración de su fachada y de sus interiores.

Es muy común en la actualidad el uso del mármol en escaleras, pisos, lavabos, etc., lo cual ha aumentado ampliamente su mercado.

La producción de mármol en nuestro estado ha sido limitada por la competencia que tiene con el de otros estados como el de Puebla y Durango, en donde se produce en gran escala y a bajos costos.

Debido a los problemas económicos actuales a la incertidumbre y variabilidad del mercado del mármol, no se ha llevado a cabo una buena explotación de los yacimientos, los cuales son suficientes para abastecer nuestro estado y aún extender su mercado fuera de nuestras fronteras.

CAPITULO III

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

III.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las aplicaciones que puede tener la geología en el campo de los materiales para la construcción son:

- a) Localización de los bancos de material tomando en cuenta:
 - Accesibilidad
 - Calidad del material
 - Ubicación del mercado
 - Reservas
 - Condiciones legales del terreno
- b) Planear la ubicación estratégica de la planta -- procesadora basándose en la distribución de la materia prima, para que la industria tenga funcionalidad y se eviten gastos de operación innecesarios.
- c) Realizar estudios de los materiales para determinar sus propiedades físicas y químicas para poder establecer en forma correcta los parámetros que se manejan durante el proceso, como son las temperaturas, curvas granulométricas, etc., para optimizar los rendimientos.
- d) Llevar a cabo los trabajos de exploración y explotación de los materiales.

La ciudad de San Luis Potosí se abastece de materiales para la construcción de tres regiones muy cercanas que son:

1. La Sierra de San Miguelito, de donde se obtienen las canteras de muy buena calidad y de fácil labrado, así como la piedra para cimientos y mampostería.

2. El Valle de San Luis Potosí, que proporciona las arenas y arcillas.

3. La Sierra de Alvarez y sus estribaciones Nore-orientales de donde se extraen las calizas para la producción de cal y triturados y más al Oriente se encuentra uno de los depósitos más importantes de yeso de la República Mexicana.

El transporte de los materiales de construcción constituye un factor decisivo para determinar si un yacimiento es económico o no. El radio del transporte que un material puede soportar es relativamente pequeño; sin embargo en algunos casos es tal la demanda de un producto en otros estados o países que puede ampliarse en gran medida su mercado.

Las condiciones económicas actuales han dificultado la modernización de las técnicas para la extracción y proceso de los materiales para la construcción. No obstante las empresas mayores que manejan grandes capitales han lo grado mantenerse al ritmo del crecimiento actual contando con buen equipo y maquinaria, así como con sistemas modernos de operación mientras que, por otro lado, las empresas pequeñas siguen trabajando con técnicas y maquinaria obsoletas para los tiempos actuales y logrando obtener -- apenas un mínimo de utilidades que les permite seguir trabajando.

Actualmente ha disminuido bastante el ritmo de crecimiento de la ciudad, pero a pesar de ello y como efecto del aumento de la población, se sigue construyendo. Muchas empresas sobre todo las pequeñas, trabajan en forma intermitente, pues cuando disminuye la demanda, no pueden mantenerse funcionando y tienen que cerrar.

Nuestra área de estudio cuenta con muchos recursos para la producción de materiales para la construcción, no solo para satisfacer la demanda local, sino para ampliar el mercado. Se tiene también una amplia red de carreteras y vías férreas que comunican a grandes ciudades y puertos. Las poblaciones a las que se puede ampliar el mercado por su cercanía con: Cd. Victoria, Zacatecas, Fresnillo, Aguascalientes, numerosos poblados de los estados de Nuevo León, Guanajuato y Durango. Se podría exportar a algunos estados de la Unión Americana como Texas, Arizona, Nuevo México; vía ferrocarril y carretera y a otros estados de la costa Este vía marítima por el puerto de Tampico, Tamps.

Los principales productos que se podrían vender son la cantera, la cal hidratada, yeso, mármol y cemento para los cuales existen suficientes materias primas para su manufactura, pero se carece de la infraestructura necesaria.

En lo que respecta a cada material individual hemos concluido lo siguiente:

YESO.-- Aprovechando los grandes depósitos de yeso - de muy buena calidad, es posible crear otras industrias - para darle diferentes aplicaciones, tales como la elaboración de tablaroca para muros prefabricados y revestimiento de techos, molduras para revestimientos y otros yesos especiales para pisos. Una vez instaladas éstas industrias, los productos se podrían exportar a Estados Unidos y de esta manera no vender solamente la materia prima como se hace actualmente.

CALIZA.- Respecto a la caliza hemos notado que no se lleva a cabo un sistema de explotación adecuado en los bancos, por lo cual se elevan los costos de extracción. En este caso y cuando las condiciones del terreno lo permiten, creemos que sería conveniente la explotación por banqueo. Por otra parte, el material con que se abastecen los hornos de cal es muy grueso y en ocasiones irregular, por lo que la calcinación no se realiza en forma uniforme, esto da como resultado que se obtenga bastante desperdicio, lo cual se podría evitar sometiendo el material a un proceso de trituración y cribado para homogenizarlo a un tamaño de unas cuatro pulgadas para hornos verticales. En el caso de usar hornos horizontales el tamaño del material sería mucho menor, de esta manera se podría duplicar la producción. Otra ventaja de triturar el material es que los sobrantes se vendan como grava, sello y arena a las compañías constructoras.

En las plantas exclusivas para trituración, lo principal es que tenga buena ubicación, cerca del lugar de venta y cerca de las vías de comunicación. El requerimiento principal de el material es que tenga la menor cantidad posible de sílice.

ARENA.- Los requerimientos principales de la arena es que se encuentre cerca de los lugares de consumo, además de que la capa de suelo que cubre al manto no debe de ser mayor que éste.

Otro aspecto importante es la descomposición del medio natural ya que en los lugares donde se extrae la arena quedan huecos haciendo inutilizable la superficie.

ARCILLAS.- Es un material fácil de localizar en la propia ciudad y en sus cercanías, situación que origina una forma de explotación irregular e indiscriminada. Recomendamos la realización de estudios de clasificación de suelos y mapeos para ayudar a planear su explotación y así contribuir a la conservación, ya que el suelo es un recurso prácticamente no renovable.

CEMENTO.- En el área de estudio existen materias primas suficientes para abastecer una planta cementera por lo que se recomienda hacer estudios geológicos y económicos que correspondan. Esta planta abastecería nuestra ciudad y las poblaciones más cercanas, además existe la posibilidad de mandarlo por tren a Tampico, Tamps., para exportar a Estados Unidos.

CANTERA.- En lo relacionado a la cantera no tenemos información respecto a la variación de la demanda en los últimos años, pero suponemos que está disminuyendo puesto que en las casas y edificios modernos se está sustituyen-

do por otros materiales, tal vez debido al elevado costo que tiene. El costo relativamente alto de la cantera se debe a la gran cantidad de mano de obra que se requiere, a los rudimentarios métodos de explotación y a las obsoletas herramientas usadas.

La introducción de maquinaria en los métodos de extracción y labrado puede disminuir considerablemente los costos, además de aumentar mucho la producción, con lo cual soportaría mayor radio de transporte.

Por otra parte existe gran cantidad de desperdicio en los bancos de extracción que actualmente no tiene ninguna aplicación (foto no. 23).

MARMOL. - Existen buenos yacimientos de mármol en el estado, aunque varios de ellos fuera del área de estudio, y no cuentan con infraestructura necesaria para su explotación, por lo que es recomendable realizar los estudios geológico-económicos correspondientes para su aprovechamiento.

CAPITULO IV

DIRECTORIO

EMPRESA	REPRESENTANTE	OFICINA DE VENTA	PLANTA DE ELABORACION	YACIMIENTO	PRODUCTOS QUE ELABORAN	PRODUCCION
Yeso Zacarías	Jorge E. Zacarías	Eje no. 102 esq. con Av. Industrias / Zona Industrial. Tel. 8-01-48	Junto con oficinas	Estación Nuñez	Yeso en greña	50 Ton/día
Yesos de San Luis S. de R. L. de C.V.	Pedro Gallegos	Prol. Valentín Amador no. 1357 Tel. 2-78-20 y 4-88-87	Junto con oficinas	Guadalcázar	Yeso para la construcción y Yeso para moldeo	150 Ton/día
Yeso Unico, S.A. de C.V.	Eugenio Torres	Eje no. 110/Zona Industrial. Tel. 8-12-87 y 8-11-54	Junto con oficinas	Estación Nuñez	Yeso para la construcción y Yeso para moldeo	75 Ton/día
Yeso Mexicano Progreso, SA. (por iniciar)	José Luis Ríos	(por determinar)	Cerritos	Cerritos	Yeso en greña Yeso para la construcción, Yeso para moldeo y para explotación.	300 Ton/día
Cal Blanca en Piedra.	Sergio Estrada L	Galeana no. 135 Tel. 2-08-33 2-43-80		San Francisco	Cal en piedra	15 Ton/día
Cal Potosina, S.A.	Juan Canseco	Av. José de Galvez no. 921/Centro de Abastos. Tel. 2-49-49 y 2-15-44	Carretera a Matehuala	San Francisco	Cal hidratada	12 Ton/día

EMPRESA	REPRESENTANTE	OFICINA DE VENTA	PLANTA DE ELABORACION	YACIMIENTO	PRODUCTOS QUE ELABORAN	PRODUCCION
Negociación Ex- portadora de Cal Diamante S. de R.L. "CAL DIAMANTE"	Roberto Sifuentes	Acceso Norte no. 106 Tel. 2-30-60 4-41-00 y 2-19-35	Estación Ventura	Estación Ventura	Cal hidratada	2000 Ton/mes
Cal Mexicana SA "CAL HIDRATADA"	Carlos Pedroza	Carretera Central Km. 425. Tel. 2-17-87	Tramo S.L.P. Huizache Km. 1.5 apartado pos- tal no. 741	Tramo SLP Huizache Km 1.5 aparta- do postal - 741	Cal hidratada	5000 Ton/mes
Cal Hidramez		Naranjos no. 565 Tel. 3-35-21	Carretera a Guadalcá zar Km. 7.2 En el -- Aguaje de los García Mpio. de Guadalcázar	Carretera a Guadalcázar Km 7.2 En - el Aguaje - de los Gar- cía, Mpio. Guadalcázar	Cal hidratada	1000 Ton/mes
Procesadora de Cal en Piedra		Calle no. 8 # 256 Col. San Luis Tel. 3-58-60 y 2-53-45	San José de Jassos, - Mpio. de Villa de Po- zos, S.L.P.	Joya del Pe- dregal Mpio. de Villa de Zaragoza	Cal en piedra Cal hidratada	
	Ing. César More- los Zaragoza	Naranjos no. 445 Tel. 3-27-35		Ahualulco	Caolín	

FUENTE: DIRECCION DE FOMENTO MINERO
GOBIERNO DEL ESTADO
JUNIO/1987.

EMPRESA	REPRESENTANTE	DIRECCION Y TELEFONO	PRODUCTOS QUE DISTRIBUYEN
Abastos para Construcción S.A. de C.V.	Rafael Veloz Silva	16 de Septiembre no. 558	Cal en piedra, Cemento, Arena y Grava.
Arenera "La Palma" S.A. de C.V.	Rolando Martínez M.	Melchor Ocampo no. 1185 Tel. 3-46-00	Triturados, Grava, Sello, Carpeta, Arena, Piedra, Base y Tezontle.
Azulejos y Plomería del Centro, S.A.	José Arguelles Ross	Costado Sur Central Camio nera no. 376 Tel. 2-03-04 4-33-73	Mármol
Azulejos y Sanitarios Abud.	Manuel Abud Courie	Vasco de Quiroga no. 912 Tel. 3-48-50 y 3-49-70	Mármol
Cecomsa de San Luis, S.A.		Diagonal Sur no. 330 esq. Simón Díaz. Tel. 5-14-16 5-14-68	Cal, Cemento, Yeso y Mármol
Central de Materiales de San Luis, S.A. de C.V.		Bernardo Reyes no. 297 Tel. 5-22-67 y 5-23-71	Cal, Cemento y Mármol
Central de Materiales del Centro	Salvador Ortega	Constitución y República Tel. 5-47-21	Cal y Cemento
Central de Materiales García Herrera, SA de CV.	José Manuel García	Av. Juárez no. 1487 esq. Diagonal Sur. Tel. 5-11-65 5-50-50 y 5-68-35	Arena, Grava, Cal, Cemento y Yeso

EMPRESA	REPRESENTANTE	DIRECCION Y TELEFONO	PRODUCTOS QUE DISTRIBUYEN
Concreto Regional S.A.	José Gerardo Ibarra G.	Av. Ricardo B. Anaya no. 2626 Tel. 4-81-52 y 4-25-16	Gravas
Concreto Cemtex, S.A.	Rabindramarth López y López	5 de Mayo no. 2380 Tel. 5-00-99 y 5-02-05	Agregados
Distribuidora Potosina de Materiales Monterrey, S.A.	Eduardo de la Rosa	Av. Diagonal Sur Esq. - Simón Díaz. Tel. 5-20-66	Cemento gris y blanco, Cal, Yeso
Madera y Materiales de Cemento, S.A.	Adauto Contreras M.	Km. 1 Carretera San Luis-Río Verde. Tel. 2-08-26 y 2-26-57	Cemento gris y blanco, Cal, Yeso
Maderería Tamaulipas	Miguel Fernández Q.	Reforma no. 170 Tel. 2-28-29 2-47-22 y 2-51-23	Cemento y Mármol
Materiales Abud Hnos., S.A. de C.V.	Fernando Abud Sarquis	Santos Degollado no. 895 Tel. 3-33-03 y 3-32-48	Mármol
Materiales Ava de San Luis, S.A.	Armando Vázquez A.	Reforma no. 2108 Tel. 4-64-29	Arena y Grava triturada, Cemento, Cal y Yeso
Materiales Central de Abastos, S.A.	René Contreras	Capitán Pedro Fernández de Aguilar no. 135 Centro de Abastos Tel. 2-72-81	Cemento gris y blanco, Cal y Yeso

EMPRESA	REPRESENTANTE	DIRECCION Y TELEFONO	PRODUCTOS QUE DISTRIBUYEN
Materiales Cuauhtémoc	Ma. del Carmen Cadena de C.	Cuauhtémoc no. 110 Tel. 2-73-75 y 2-90-87	Cemento, Cal y Mármol
Materiales de Descuento	Ezequiel Escartini	Manuel M. Ponce no. 101 Tel. 2-42-66	Arena y Grava triturada, Cemento, Cal y Yeso.
Materiales Emsa	Ernesto Madrigal	Reforma no. 1155 Tel. 2-98-83 y 2-93-23	Cemento y Cal
Materiales Pétreos Clasi- ficados, S.A. de C.V.	Rolando Martínez Moreno	Melchor Ocampo no. 1185-A Tel. 3-46-00	Triturados, Arena, Grava, Piedra, Sello, Base, Carpeta, Tezontle.
Materiales Río Santiago	Juan Pco. Vázquez C.	Av. Damián Carmona no. 1591 Tel. 2-11-38 y 2-19-91	Arena, Grava, Cal hidratada y --- Yeso
Materiales Zúñiga Hnos, S.A. de C.V.	Gregorio Zúñiga M.	18 de Marzo no. 650 Esg. Santos Degollado Tel. 3-24-30 y 2-95-76	Cal y Yeso
Mercado de Materiales	Irene Pedrajo Pólido	Carretera a Zacatecas Km. 7.5 Tel. 3-67-24 y 7-21-01	Cemento, Cal, Cal en piedra.
Mosaicos Zacarías S.A. de C.V.	Ramón Zacarías y del Pozo	Azteca Sur no. 345 Tel. 2-56-84	Parquet y Placas de Mármol para-- lavabos, Marmolina y grano de már- mol.
Plomería, Azulejos y Sanitarios	José A. Herrera O.	Ponciano Arriaga no. 390-A Tel. 4-24-18 y 4-34-25	Mármol

EMPRESA	REPRESENTANTE	DIRECCION Y TELEFONO	PRODUCTOS QUE DISTRIBUYEN
Tubos y Materiales para Construcción	Miguel Anaya Olalde	Ricardo B. Anaya no. 2104 Tel. 4-73-52	Cemento, Arena, Yeso y Grava.
Viguetas y Cemento S.A.	Félix Herrera V.	Reforma no. 915 Tel. 2-59-19 y 2-84-07	Placas de Mármol
Yeso Unico, S.A. de C.V.	Eugenio Torres V.	Eje no. 110 Zona Industrial Tel. 8-11-54 8-12-87	Yeso
Zalero Cemento y Varilla del Potosí, S.A. de C.V.	Carlos Guillermo Grasa	Av. Himno Nacional no. 2500 Tel. 5-78-78 5-78-79	Cemento y Cal.
Zalero Plomería, Azulejos y Jardinería, SA de CV.	Carlos Guillén Agraz	Av. Himno Nacional no. 2500 Tel. 5-79-95 "5-79-96	Mármol, Recubrimientos de Mármol.

BIBLIOGRAFIA

- " Estudio preliminar sobre las canteras de Escalerillas, --
Mpio. de San Luis Potosí ", 1985
Dirección de Fomento Minero del estado de San Luis Potosí.
- " Posibilidades y alternativas para la instalación de plan--
tas productoras de cemento, cal y yeso ", 1986
Dirección de Fomento Minero del estado de San Luis Potosí.
- " Revisión estratigráfica del Cenozoico de la parte central--
del estado de San Luis Potosí ".
Instituto de Geología de la UASLP., por Labarthe-Tristán--
Aranda, 1982.
- " Industrial Minerals and Rocks ", AIME
- " Tratado de Mineralogía ", por Edward S. Dana, William E. -
Ford. CECSA, octava edición, 1981.
- " Petrología ", Walter T. Huang Ph. D. primera edición en es--
pañol, 1968.
- " Folleto técnico de la Cía. Universal Engineering Corpora--
tion ".
- " Folleto técnico de la A. P. Green ".
- " Enciclopedia de México ", José Rogelio Alvarez, tercera --
edición, tomo 11, 1978.
- " Cartografía geológica -Hoja San Luis Potosí- ".
Instituto de Geología de la UASLP., Labarthe, G. y Tristán
M., 1978. Folleto técnico no. 59
- " Yacimientos minerales de rendimiento económico "., segunda
impresión, 1961 de Alan M. Bateman. Editorial Omega.

INDICE DE FOTOS

	PAGS.
Foto no. 1 Extracción de yeso	11
Foto no. 2 Extracción de yeso con máquinas barrenadoras	14
Foto no. 3 Proceso de envasado de yeso	15
Foto no. 4 Yeso triturado	16
Foto no. 5 Sub-producto de la trituración de yeso	17
Foto no. 6 Banco de extracción de la formación Cuesta del Cura	21
Foto no. 7 Banco de extracción de la formación Doctor	22
Foto no. 8 Hornos calcinadores verticales	26
Foto no. 9 Alimentación con carretilla a un horno vertical	26
Foto no. 10 Sistema moderno de alimentación de un horno	28
Foto no. 11 Planta de trituración	32
Foto no. 12 Quebradora de quijada	35
Foto no. 13 Banda transportadora	37
Foto no. 14 Banco de arena	39
Foto no. 15 Descapote de la tierra que cubre a un manto de arena	41
Foto no. 16 Obreros descapotando un banco de arena	42
Foto no. 17 Descapote de un banco de arena con máquina	42
Foto no. 18 Pala mecánica	43
Foto no. 19 Banco de arcillas	44
Foto no. 20 Amasando y moldeando arcillas para producir ladrillos	45
Foto no. 21 Secado de ladrillos antes de hornear	46
Foto no. 22 Extracción de arcillas	47
Foto no. 23 Banco de cantera	58
Foto no. 24 Planos de fractura en un banco de cantera	59
Foto no. 25 Barrenación manual en un banco de cantera	60
Foto no. 26 Extracción de piedra para mampostería	60
Foto no. 27 Labrado de bloques para tallar o cortar	62
Foto no. 28 Productos elaborados manualmente en talleres	62
Foto no. 29 Fachada de la Iglesia del Carmen en la Cd. capital	63

	PAGS.
Foto no. 30 Teatro de la Paz en la Cd. capital, construido a base de cantera	65
Foto no. 31 Bloques de mármol	69
Foto no. 32 Láminas de mármol	72
Foto no. 33 Proceso de pólido y abrillantamiento	72

ANEXO DE PLANOS

- Lámina 1. Plano de localización
- Lámina 2. Provincias Fisiográficas
- Lámina 3. Deshidratación del yeso
- Lámina 4. Horno vertical
- Lámina 5. Hidratadora de cal
- Lámina 6. Planta de trituración
- Lámina 7. Planta de trituración
- Lámina 8. Diagramas de quebradoras
- Lámina 9. Horno horizontal
- Plano General

