

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**APLICACIONES INDUSTRIALES
DEL
MINERAL PERLITA DE EL SALVADOR**

SEMINARIO DE GRADUACION

Presentado por :

BERNARDO AMAYA DUBON

ESTELA CORALIA DIAZ

MILAGRO DEL CARMEN ARIAS

Para Optar el Titulo de:

INGENIERO QUIMICO

Octubre 1980



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Escuela de Ingeniería Química

"APLICACIONES INDUSTRIALES DEL MINERAL PERLITA DE
EL SALVADOR"

SEMINARIO DE GRADUACION
PRESENTADO POR:

Bernardo Amaya Dubón
Estela Coralia Díaz
Milagro del Carmen Arias

PARA OPTAR EL TITULO DE:
"INGENIERO QUIMICO"

A S E S O R E S

Lic. Flaviano Rivera Saravia
Dr. Rodolfo Sergio Guardado

RECONOCIMIENTO

Los ponentes del presente Seminario, dejan constancia de su agradecimiento por la valiosa ayuda recibida de parte de las siguientes instituciones: Centro de Investigaciones Geotécnicas; La Cascada, S.A., La Constancia, S.A., El Dorado, S.A. y Sherwin Williams de C.A.

Así mismo patentizan su reconocimiento a las siguientes personas:

Dr. Rolando Palacios

Ing. Luis A. Galdámez

Lic. Alicia del Cid

Br. Alfonso Reyes

Br. Jaime Gutiérrez

Br. Dina Rosa de Girón

Sr. Carlos Jiménez

Srita. Dora Silvia Pineda



TABLA DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE TABLAS	V
INDICE DE FIGURAS	VIII
INTRODUCCION	1
1.0 ESTUDIO GENERAL DEL MINERAL PERLITA Y UBICACION DE SUS YACIMIENTOS EN EL SALVADOR.	3
1.1 Conceptos generales sobre las rocas.	3
1.1.1 Clasificación de las rocas.	3
1.1.2 Composición de las rocas.	4
1.2 Generalidades del mineral perlita.	6
1.2.1 Propiedades de la perlita cruda.	8
1.3 Utilización de la perlita expandida.	12
1.3.1 Propiedades físicas de la perlita expandida.	16
1.4 Mercado Mundial.	18
1.4.1 Producción en los Estados Unidos y otros países.	19
1.5 Extracción y procesamiento.	25
1.5.1 Descripción general de una instalación de expansión de perlita.....	27
1.6 Perlitas en El Salvador.....	31

1.7	Yacimientos de perlitas en El Salvador.....	32
2.0	MUESTREO, ANALISIS QUIMICO Y FISICO DE LA PERLITA DE EL ROSARIO.	39
2.1	Técnica de muestreo.	39
2.2	Análisis químico.....	41
2.2.1	Preparación de muestras.	41
2.2.2	Equipo empleado.	41
2.2.3	Descripción de métodos empleados.	43
2.2.4	Resultados obtenidos.	44
2.3	Propiedades físicas.....	49
2.3.1	Dureza.....	49
2.3.2	Color.....	50
2.3.3	Gravedad específica.....	51
2.3.4	Índice de refracción.....	52
2.3.5	Punto de fusión.	52
2.3.6	Resultados obtenidos.	53
2.4	Discusión de resultados.	54
3.0	CLASIFICACION Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE PERLITA EXPANDIDA DEL YACIMIENTO EL RO- SARIO.	54
3.1	Clasificación.	54
3.2	Tratamiento de limpieza.	55

4.0	EVALUACION DE LA PERLITA EXPANDIDA COMO AISLANTE TERMICO.....	55
4.1	Mecanismo de transferencia de calor.	55
4.2	Materiales térmicos aislantes.....	56
4.3	Aislantes de perlita.....	57
4.4	Ensayos del mineral como aislante térmico.....	58
4.4.1	Metodología.....	58
4.4.2	Preparación del material de prueba.....	60
4.4.3	Procedimiento y cálculos.	62
4.4.4	Resultados obtenidos.....	63
4.4.5	Discusión de resultados.....	63
5.0	EVALUACION DE LA PERLITA EXPANDIDA COMO PIGMENTO EN PINTURAS.	65
5.1	Pinturas.	65
5.2	Ensayo del mineral como pigmento en pinturas....	67
5.2.1	Pruebas realizadas.	67
5.2.2	Resultados obtenidos.	68
5.2.3	Discusión de resultados.	69
6.0	EVALUACION DEL MINERAL COMO COADYUVANTE DE FILTRACION (FILTRO-AYUDAS).....	69
6.1	Generalidades.	69

	Página
6.2 Como trabajan los coadyuvantes.....	69
6.3 Selección del grado de coadyuvante.	72
6.4 Sistema de filtración.	74
6.5 Procesos de filtración.	74
6.5.1 Propósitos de la precapa.	74
6.5.2 Procedimiento de filtración.	75
6.5.3 Remoción de la torta.	75
6.6 Tipos de filtros.	76
6.6.1 Filtros a presión.	76
6.6.2 Filtros al vacío.	77
6.7 Evaluación y pruebas para el coadyuvante.	77
6.8 Filtraciones con coadyuvantes.	78
6.9 Ensayo de la perlita como coadyuvante.	79
6.9.1 Clarificación de aceite vegetal.	80
6.9.2 Resultados obtenidos.	80
6.9.3 Filtración de jarabe simple de azúcar de Em- botelladora La Cascada.	81
6.9.4 Resultados obtenidos.	83
6.9.5 Discusión de resultados.	83
7.0 EVALUACION DEL MINERAL PERLITA COMO ADSORBENTE.	85
7.1 Adsorbentes industriales.	85
7.2 Clasificación industrial de los adsorbentes.	86

	Página
7.3 Métodos para efectuar la adsorción.....	86
7.4 Características de los adsorbentes.....	87
7.5 Ensayos del mineral perlita como adsorbente....	88
7.5.1 Metodología.....	89
7.5.2 Resultados obtenidos.....	90
7.5.3 Discusión de resultados.....	104
8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	106
8.1 Conclusiones.....	106
8.2 Recomendaciones.....	108
GLOSARIO.	110
BIBLIOGRAFIA.....	120

INDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla Nº 1- Propiedades físicas y ópticas de la perlita cruda.....	9
Tabla Nº 2- Análisis químicos de perlitas -- crudas.....	11
Tabla Nº 3- Propiedades físicas de la perlita expandida.....	17
Tabla Nº 4- Perlita cruda e inflada vendida o usada en Estados Unidos.....	21
Tabla Nº 5- Producción mundial de la perlita cruda.....	22
Tabla Nº 6- Principales compañías productoras de perlita.....	23
Tabla Nº 7- Pronóstico del consumo mundial de perlita.....	24
Tabla Nº 8- Ensayos de trituración con varios métodos.....	29
Tabla Nº 9- Condiciones principales de operación usadas en el aparato de absorción atómica modelo 460, Perkin Elmer.....	45

	Pág.
Tabla Nº 10- Composición química de núcleos - de perforación del yacimiento de perlita de El Rosario.....	46
Tabla Nº 11- Composición química de muestras superficiales de El Rosario. Per lita cruda.....	47
Tabla Nº 12- Composición química promedio de las muestras de perlita de El - Rosario.....	48
Tabla Nº 13- Resultados de propiedades físi- cas y ópticas perlita de El Ro- sario.....	53
Tabla Nº 14- Resultados obtenidos en las me- diciones de conductividad térmi- ca experimentales para los dife- rentes grados de perlita.....	64
Tabla Nº 15- Resultados obtenidos para filtrar 100 ml. de jarabe.	84
Tabla Nº 16- Resultados obtenidos para filtrar jarabe en 5 minutos.	84

Tabla Nº 17- Comparación de velocidades para
diferentes granulometrías y pesos. 102

Tabla Nº 18- Condiciones de operación en las -
columnas cromatográficas. 103

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura Nº 1- Esquema de un yacimiento de perlita.....	10
Figura Nº 2- Esquema de una instalación de expansión de perlita.....	30
Figura Nº 3- Afloramientos de perlita en El Salvador.....	38
Figura Nº 4- Ubicación del yacimiento de perlita El Rosario.....	40
Figura Nº 5- Esquema del equipo utilizado para encontrar conductividades térmicas....	59
Figura Nº 6- Corte transversal de un filtro usando coadyuvante.....	71

CURVAS DE ABSORBANCIA vs. VOLUMEN ACUMULADO

Figura Nº 1-A Prueba Nº 1- Perlita expandida, - malla 100/200. Solución Cristal - Violeta.....	91
Figura Nº 2-A Prueba Nº 2- Perlita expandida, - malla 100/200. Solución Azul de Metileno.....	93

	Pág.
Figura Nº 3-A Prueba Nº 3- Perlita expandida, - malla 100/200. Solución Cristal - Violeta.....	95
Figura Nº 4-A Prueba Nº 4- Perlita expandida, - malla 200/325. Solución Cristal - Violeta.....	97
Figura Nº 5-A Prueba Nº 5- Perlita expandida, - malla 100/200. Solución Azul de - Metileno.....	99
Figura Nº 6-A Prueba Nº 6- Carbón activado, me- lla 100/200. Solución Azul de Me- tileno.....	101

INTRODUCCION

Unos de los principales objetivos a que deben encaminarse los programas de investigación en los países en vías de desarrollo, es la necesidad de aprovechar al máximo los recursos naturales disponibles y la búsqueda de materias primas nuevas que puedan utilizarse como sustitutos de igual o mejor calidad que las existentes.

En el Salvador se han llevado a cabo a través del Centro de Investigaciones Geotécnicas y con ayuda de la República Federal de Alemania, - muchas investigaciones sobre los recursos mineralógicos con que cuenta el país; uno de estos estudios fué el de investigar los yacimientos del mineral perlita, ya que dicho mineral posee muchas propiedades de gran utilidad industrial, que en los países industrializados - como Estados Unidos, Japón, Alemania, y otros, esta siendo utilizado actualmente en gran escala.

Mediante estos estudios se ha logrado conocer 18 yacimientos de este mineral en el país, siendo el del Municipio de El Rosario, Departamento de Cuscatlán el más grande ya que se calculan las reservas geológicas en unos 15 millones de toneladas.

El presente seminario fué encaminado hacia la evaluación, a nivel industrial del mineral ya procesado, proveniente de dicho yacimiento, - para la cual se efectuaron pruebas como adsorbente, como coadyuvante y como pigmento en pinturas; también se le determinó la conductividad térmica, en preparados de concretos aislantes.

Para lograr estos objetivos, se siguió un esquema de trabajo, que comprende lo siguiente:

- 1) Un estudio Geológico, sobre la ubicación y contenidos del mineral en los distintos yacimientos.
- 2) Un análisis de las propiedades físicas y químicas del mineral, para conocer por medio de ellas si cumple los valores ya establecidos

a nivel mundial, para ser considerado como un mineral potencialmente explotable.

- 3) Un análisis de los conceptos teóricos en cada una de las propiedades a investigarse, las cuales proporcionarán criterios más amplios y prácticos para el control de las variables de operación en la realización de las pruebas y para la interpretación de los resultados.
- 4) La evaluación experimental de las propiedades, adsorbentes, coadyuvante en filtración, pigmento en pinturas y conductividad térmica en el mineral procedente del yacimiento de El Rosario, constituyen el principal objetivo de este seminario.

Las conclusiones que se presentan al final de este trabajo y obtenidas a partir de las pruebas realizadas, indican claramente que el mineral perlita deberá considerarse como un importante recurso que al ser aprovechado debidamente puede ser un sustituto de materiales comúnmente utilizados a nivel industrial.

Para contribuir a futuras investigaciones, aportamos finalmente una serie de recomendaciones que consideramos serán de gran utilidad para las mismas.

1.0 ESTUDIO GENERAL DEL MINERAL PERLITA Y UBICACION DE SUS YACIMIENTOS EN EL SALVADOR.

1.1 CONCEPTOS GENERALES SOBRE LAS ROCAS

1.1.1 CLASIFICACION DE LAS ROCAS. (1)

Sobre el origen de la tierra existen varias teorías, las cuales no son objetivo de discusión en este estudio, pero es necesario conocer el mecanismo geológico que siguió para su formación; la cual pasó por una etapa de fundido, y el primer material sólido que existió se derivó de un baño fundido o magma, además, todas las rocas posteriores formadas se han producido a partir de dicha corteza o a partir de erupciones subsecuentes de materias fundidas. Las rocas formadas por la consolidación del magma fundido se denominan rocas Primarias o Igneas.

Las rocas se clasifican en:

- 1- Rocas Primarias o Igneas
- 2- Rocas Secundarias
- 3- Rocas Metamórficas

Las rocas igneas se distinguen por la presencia de minerales cristalinos que se traban los unos con los otros o que son fijados -- por una pasta diminutamente cristalina, o en un vidrio. Muestran como lavas actuales, signos de haber sido enfriadas a partir de altas temperaturas, generalmente son voluminosas, no estratificadas, no fosilíferas y frecuentemente ocupan vetas y fisuras que rompen a través de otras rocas que ellas han calentado o alterado. Las rocas secundarias están compuestas de materiales elásticos y precipitados de sustancia de origen orgánico. Se distinguen por

la presencia frecuente de estratificaciones, residuos orgánicos (fósiles) y otros marcos indicadores de deposición a partir de agua o aire, en el mar o en la tierra.

Las rocas metamórficas, presentan en algunos aspectos, caracteres intermedios entre las dos primeras. Una temperatura y presión elevadas provocan cristalización, y por lo tanto, como las rocas primarias frecuentemente consisten de cristales trabados entre sí; además, la presión provoca el desarrollo de capas, folios o bandas más o menos regulares por lo cual este tipo de roca se parece a las de origen secundario.

Las rocas ígneas se clasifican en Extrusivas e Intrusivas, según se encuentren en la superficie o en el interior de la tierra; --ácidas, medias y básicas según el contenido de sílice, y considerando la mineralogía de la cual la base fundamental son los feldespatos y feldespatoides; tenemos las subdivisiones de las siguientes series:

- 1- Serie rocas cristalinas o vítreas
- 2- Serie de riolitas
- 3- Serie de tracitas
- 4- Serie de perlitas
- 5- Serie dacita - cuarzo - diorita
- 6- Serie andecita - diorita
- 7- Serie basáltica

1.1.2 COMPOSICION DE LAS ROCAS.

La concentración y diferencia de muchos elementos sobre la tierra, ha sido ocasionada por la acción de diversos procesos geológicos causados por el asentamiento gravitacional de los minerales desde

las magmas, la diferencia química de las rocas por la meteorización o intemperismo y la acción clasificadora de los procesos sedimentarios.

La presión, temperatura y ambiente químico son condiciones para encontrar variedad de tipos de compuesto de un elemento; por ejemplo la mayor parte del hierro se presenta en forma de óxidos o silicatos; pero en condiciones de alto contenido de azufre y bajo de oxígeno se forma sulfuro de hierro, y en ambientes fuertemente reductores, cuando se dispone de azufre en cantidades menores, puede producirse hierro nativo.

Los reportes químicos presentan los elementos en forma de óxidos; pero a partir de estos, han dado origen a combinaciones de las cuales surgen los minerales formadores de rocas.

Los elementos que componen las rocas se dividen en Primarios y Secundarios. Los primarios constituyen un 90% de la corteza terrestre.

Entre los elementos primarios tenemos:

- Oxígeno
- Silicio
- Aluminio
- Magnesio
- Calcio
- El óxido de potasio y la potasa
- Carbono

Los elementos secundarios son:

- El azufre
- Hidrógeno
- Cloro
- Nitrógeno

1.2 GENERALIDADES DEL MINERAL PERLITA (2).

La perlita es una roca volcánica ácida, con aspecto vítreo que tiene un contenido de agua combinada de 2% hasta 5%.

La perlita, como un término petrográfico, se aplica a un vidrio volcánico que tiene una estructura en forma de cebolla, la cual es visible a simple vista o en algunos casos bajo el microscopio. Como producto comercial, se define como roca volcánica ácida que tiene la propiedad de inflarse cuando se calienta rápidamente. Hay diferencia entre la perlita cruda, que es la natural y la perlita inflada, la cual es el producto procesado. No se puede explicar fácilmente el origen de las rocas vítreas con alto contenido de agua combinada, como las perlitas, teóricamente no deben existir, porque, cuando la lava con el contenido de agua llega hasta la superficie de la tierra, encuentra una súbita reducción de presión y tiende a liberar el agua, convirtiéndose en vapor de agua la que debe formar poros, como en realidad sucede con la piedra pómez.

Para explicar porqué no se han formado los poros o una ceniza volcánica, existen algunas teorías. La más popular considera a la perlita como formada debido a la hidratación de obsidiana u otro vidrio volcánico; como riolitas o dacitas, por asimilación secundaria de agua a través de un proceso llamado "HIDRATACION POSTMAGMATICA", ésta es la teoría de Chesterman, (1954) Ross y Smith (1955).

Las fuentes de hidratación pueden ser: La lluvia, nieve, aguas subterráneas y marinas, éstas son introducidas a la roca por medio de un desplazamiento interno en ella.

Otros autores, Jaster, (1956) han determinado mediante estudios, que la formación de perlitas es primaria, y se debe al contenido de agua en la lava original.

La perlita y otros vidrios volcánicos, eventualmente se devitrifican por acción del tiempo, en materiales microcristalinos

1.2.1 PROPIEDADES DE LA PERLITA CRUDA.

Debido a que la perlita es un vidrio volcánico metaestable, su composición y propiedades físicas incluyendo color, gravedad específica, índice de refracción y dureza; varían considerablemente. En la tabla 1, se dan las características físicas y ópticas y en la tabla 2, se presenta el análisis químico de la perlita cruda.

La perlita comunmente contiene inclusiones, tales como Microilitas, Cristalitos y Esferulitas, Fenocristales de cuarzo, Feldespatos, Biotita y Hornblenda; y Microfenocristales de magnetita, Ilmenita (Hierro titanado), Hematita.

Algunas perlitas contienen Litofisa combinada con Cristobalita y raramente Fayalita.

Los yacimientos de perlitas se encuentran en forma de domos, caudales, diques, capas intrusivas. Es posible reconocer morfológicamente a los domos de perlitas, porque a menudo tienen una forma especial y bien típica (Fig. 1).

En dirección vertical existen las siguientes regularidades; hacia abajo la perlita se está devitrificando, lo cual está indicado por las esferulitas, cuya cantidad aumenta con la profundidad, a la vez la matriz perlítica está disminuyendo; así la roca perlítica está transformándose en roca riodecítica, que no tiene el poder de inflarse; por consiguiente la riodecita debajo de la perlita de transición tiene que considerarse como producto secundario, formado por la devitrificación de la perlita, según su posición entre la perlita (arriba) y la riodecita (abajo), las rocas esferulíticas intercaladas se denominan "Perlitas de Transición".

La riodecita debajo de la perlita de transición en su parte superior, todavía contiene esferulitas, pero casi no son distinguibles como tales, porque cada una toca a la otra, dando la impresión de una roca granulada.

TABLA Nº 1 - PROPIEDADES FISICAS Y OPTICAS DE LA PERLITA CRUDA (3).

Propiedad	Rango
Color	Gris pálido a oscuro, café, verde, negro.
Dureza(Escala de Mohs)	5.5 a 7.0
Gravedad Específica	2.3 a 2.8
Punto de Fusión (^o F)	1400 a 2400
Indice de Refracción	1.49 a 1.61
P.H.	6.5 a 8

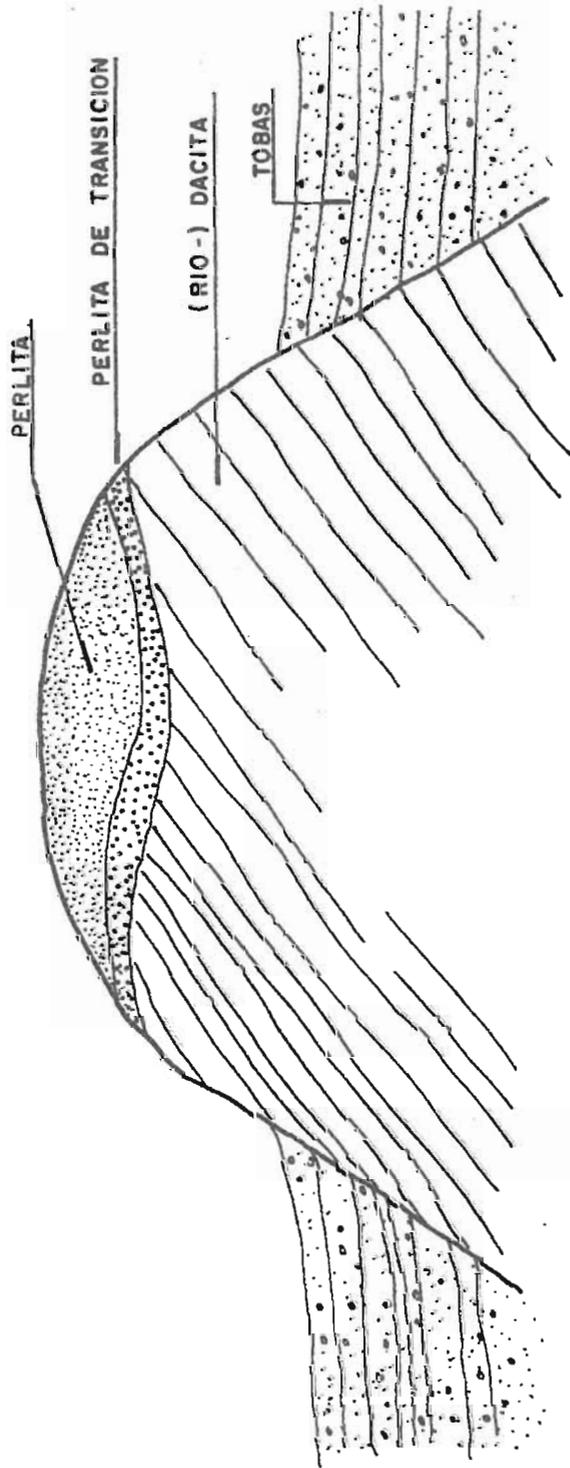


FIG. N° 1 ESQUEMA DE UN YACIMIENTO DE PERLITA (2)

TABLA NO 2 ANALISIS QUIMICO DE PERLITAS CRUDAS
(Valores dados en Porcentaje)

ORIGEN	ITALIA	UNION SOVIETICA	EE.UU.	PROMEDIO MUNDIAL
Fuente	Industrial Minerals 6/72- 5.9	Industrial Minerals 6/72- 5.9	Industrial Minerals 6/72- 5.9	Instituto de Perilita
SiO ₂	70.5	72.78	74.5	71.0 - 75.0
Al ₂ O ₃	14.28	14.15	12.7	12.5 - 18.0
Fe ₂ O ₃	0.75	0.17	2.2	0.5 - 1.5
FeO	1.22	--	--	0 - 0.1
CaO	1.00	0.82	0.8	0.5 - 2.0
MgO	--	--	--	0.1 - 0.5
Na ₂ O	5.28	2.48	2.70	2.9 - 4.0
H ₂ O	2.92	4.35	3.2	4.0 - 5.0
H ₂ O ligada	sin dato	sin dato	sin dato	3.0 - 5.0

Fuente: Estudios sobre el uso Industrial de minerales no metálicos en El Salvador (2).

1.3 UTILIZACION DE LA PERLITA EXPANDIDA. (2)

El campo de la utilización de la perlita es amplio; pero al analizar datos se dá una cuenta de que el uso de la perlita en la mayoría de los países se concentra en un 85 - 90% en la industria de la construcción, el 10 - 15% restante se reparte en una gran cantidad de consumidores, en la industria química, agrícola y en la industria de bebidas.

En los países altamente industrializados, como Estados Unidos y Japón se traslada el cuadro a favor de las utilizations especiales.

La enumeración siguiente muestra la utilización de perlita inflada:

- 1- Construcciones
- 2- Medios auxiliares para filtros
- 3- Horticultura
- 4- Artículos de limpieza
- 5- Material de relleno
- 6- Productos aislantes refractarios cerámicos
- 7- El aislamiento de temperaturas muy bajas
- 8- Agregados para arenas de fundición
- 9- Portador para insecticidas, abonos, etc.
- 10- Purificación de agua

1- CONSTRUCCION.

De la perlita y el cemento se puede producir un concreto ultraligero con excelentes cualidades aisladoras.

La perlita no puede tener una resistencia a la compresión muy alta, ésta fluctúa entre 1 y 5 Kg/cm², debido a su peso volumétrico que se encuentra entre 40 y 400 Kg/m³; esto demuestra que no se puede tener muchas pretensiones en lo que se refiere a la resistencia y compresión de un cuerpo de concreto hecho de perlita, debido a lo cual es usada solamente en partes de construcción que no resistan cargas, como para relleno de paredes intermedias, concreto aislador en los techos.

Debido a su bajo peso volumétrico, bajo factor de conductividad, alta resistencia al fuego, baja transmisión del sonido, es usada como aislador de calor y sonido, principalmente se usa en techos. A menudo se mezcla la perlita y el cemento, ya mezclado se le transporta a la construcción en sacos, de manera que en el lugar de la obra sólo se agregue el agua necesaria.

Específicamente la perlita se usa como agregado de concreto de cemento portland, esta mezcla ofrece aislamiento térmico 20 veces mayor que el de el concreto convencional.

En base a las propiedades antes mencionadas, en los Estados Unidos de Norteamérica, se esta incrementando la producción de losas de perlita con fibras aisladoras, para techos, así como también en entre-pisos y revestimientos para las paredes de edificios de varias plantas.

Con el bajo peso del concreto de perlita se tiene una sustancial economía en los costos de producción de estructuras de acero y fundaciones en edificios de varios pisos.

La perlita suelta es utilizada también en las llamadas bases flotantes para pisos, esta manera de construcción de suelos, garantiza un efectivo aislante contra el sonido de los pasos. Un relleno suelto puede ser usado en otras cavidades que se quieran sellar.

2- MEDIOS AUXILIARES PARA FILTROS (COADYUVANTES).

La mayoría de perlitas tienen un alto contenido de Sílica, usualmente mayor que el 70%, son absorbentes y químicamente inertes en muchos medios, y por tanto un excelente medio filtrante.

Los medios auxiliares para filtros, consisten de un material perlítico en sumo grado poroso y finamente molido, el que se disuelve en el líquido a filtrar y después es bombeado contra una membrana tamizadora, aquí se forma una masa que retiene todos los cuerpos extraños.

Como medio filtrante, la perlita expandida ha llegado a tener una gran importancia, especialmente ha sido adaptada a la filtración de aguas industriales. Esta filtración también es utilizada en los jugos de cítricos, y otras frutas, cerveza, refinado de azúcar, líquidos químicos, farmacéuticos y resinas.

3- HORTICULTURA.

En el cultivo de las plantas se agrega la perlita a la tierra con el fin de esponjarla y para facilitar la ventilación, debido a su bajo peso volumétrico, además tiene la ventaja sobre las espumas artificiales, de que no se pudre y la retención del agua es mayor.

4- MEDIOS DE LIMPIEZA. (ABRASIVOS)

La perlita finamente molido es un agregado muy solicitado como medio de limpieza en pastas de lavar y demás artículos utilizados para limpiar en el hogar, porque en ella se encuentran partículas de vidrio filosos; por otra parte los microporos absorben mucha suciedad.

5- MATERIAL DE RELLENO.

En la fabricación de materiales plásticos, resinas, hules, pinturas, barnices, esmeltes se usa para rellenos. La ventaja de la perlita, es especialmente debido a su poco peso.

6- PRODUCTOS AISLANTES REFRACTARIOS CERAMICOS.

La perlita mezclada con arcilla quemada, produce ladrillos aisladores, este material se utiliza hasta 900°C . Usando en las masas un contenido alto de Al_2O_3 , se pueden producir también ladrillos refractarios aislantes, los que pueden resistir hasta una temperatura de 1350°C .

7- CRIOGENESIS.

En el transporte y almacenamiento de gas líquido se requieren temperaturas aproximadas de 150°C bajo cero; perlitas muy livianas de granulación fina con pesos volumétricos más bajos que 50 ó 60 Kg/m^3 , tienen en este campo buena utilización.

8- AGREGADO EN ARENAS DE FUNDICION.

La perlita tiene bajo coeficiente de transmisión de calor, y por lo tanto se agrega a las arenas de fundición, especialmente en las fundiciones donde se requiere un enfriamiento muy lento del metal.

9- VEHICULO PARA INSECTICIDAS Y FERTILIZANTES.

Debido a sus propiedades adsorbentes, en agricultura es utilizada como diluyente y portador de insecticidas y fertilizantes; se usa como diluyente ya que estos se fabrican en una concentración altísima y además el veneno o abono tiene que adherirse muy bien al portador; en ambos casos la perlita es de gran ayuda.

10- PURIFICACION DE AGUA.

Se ha usado con éxito creciente en el combate de la contaminación de aceite en los ríos e instalaciones portuarias, ya que la perlita absorbe el aceite en la superficie del agua, de tal manera que la torta de aceite y perlita que se forma, puede ser recogido por medios sencillos.

En base a los diferentes usos a que se destine la perlita, ésta compete con la arena y la vermiculita exfoliada cuando se usa como agregado en los repellos; y en ingeniería criogénica sustituye a la Sílice Aerogel, así como las láminas hechas de aluminio y fibra de vidrio.

1.3.1 PROPIEDADES FISICAS DE LA PERLITA EXPANDIDA.

Estas propiedades se presentan en la tabla Nº 3, y los valores -- son los permisibles que se deben obtener después del proceso de inflado a que se somete la perlita cruda.

TABLA Nº3 PROPIEDADES FISICAS DE LA PERLITA EXPANDIDA

Color	Blanco
Indice de Refracción	1.5
Humedad Libre (máx.)	0.5 %
PH.	6.5 - 8
Densidad Volumétrica	32 - 400 Kg/m ³
Punto de Expensión	1600 - 2000 ^o F
Punto de Fusión	2300 - 2450 ^o F
Calor Específico	0.2 Cal/gr ^o C
Conductividad Térmica	0.3 BTU-Pulg/Hrft ^{2o} F
Solubilidad	Soluble en álcali concentrada caliente y en HF.
Moderadamente soluble (menos del 10 %).	En NaOH-1N
Ligeramente soluble (menos del 3 %).	Acidos Inorgánicos 1N.
Muy poco soluble (1%).	Agua o ácidos débiles

Fuente: Perlite Institute Inc. (4).

1.4 MERCADO MUNDIAL (5).

Se inició la producción comercial de la perlita en el año de 1946, la cual se ha incrementado grandemente en los 33 años siguientes. Estados Unidos es el principal productor y consumidor mundial. En Estados Unidos la producción interna de perlita cruda procesada en 1978, fue de 641.000 toneladas cortas y se espera que esta producción se eleve aún más en los años siguientes. Ya que la industria de la perlita en otros países es más nueva que en los Estados Unidos, la tendencia del crecimiento se pronostica que será del 4.5% anual hasta el año 2000 y de 3.4% para Estados Unidos. Se sabe que la perlita ha sido explotada por lo menos en 20 países, pero Estados Unidos, Grecia, Italia, Hungría y Rusia; producen y proveen una cantidad que cubre la demanda mundial de este mineral.

En años recientes nuevos yacimientos han sido explotados (Irán, Turkia, Sudafrica y China) y es usada principalmente, como medio filtrante y aislante en la industria de la construcción.

Se estima que las reservas mundiales son de 1.9 billones de toneladas, cantidad que es mayor que la demanda acumulada para el año 2000 que según cálculos será de 59.8 millones.

Las fuentes mundiales totales se estiman en más de 6 billones.

En Nueva York se encuentra el Instituto de la Perlita que es una institución no lucrativa, fundada en 1949 con el fin de ofrecer asistencia, principalmente en investigación de nuevos usos, estableciendo especificaciones e informando sobre la tecnología apropiada y el mercadeo.

En 1946, después de algunos estudios a nivel de planta piloto, se comenzó la explotación a escala industrial. La producción en ese año fue de 4.750 toneladas, la que fue extraída de los depósitos de Arizona.

La perlita cruda, procesada y expandida fue utilizada para la industria de la construcción como aislante térmico y agregado liviano durante los 11 años siguientes (1947-57), la industria experimentó un rápido crecimiento y se encontraron nuevos usos. -- (horticultura, pintura, coadyuvantes, etc.).

En los 33 años de explotación industrial de la perlita (1946-78), se han vendido y usado 11 millones de toneladas, que han producido 9.2 millones de toneladas de perlita expandida valorados en \$ 588.2 millones, o sea un promedio de \$ 64 por tonelada.

La producción en crudo ha sido extraída de 9 estados: Arizona, California, Colorado, Idaho, Nevada, Nuevo Méjico, Oregón, Tejas y Utah; y la perlita inflada se produjo en plantas de más de 30 estados. Esta producción se muestra en la tabla 4.

1.4.1 PRODUCCION EN LOS ESTADOS UNIDOS Y OTROS PAISES.

La producción interna de perlita cruda (vendida y usada) en 1978, fue obtenida de 12 explotaciones ubicadas en 6 estados del oeste. Los depósitos de Nuevo Méjico suministraron el 86% de la producción total. La perlita inflada fue producida en 80 plantas distribuidas en 33 estados.

Las principales plantas se encuentran:

En Illinois, Missisipi, Kentucky, Pennsylvania, Colorado, Florida, New Jersey, Virginia, California e Indiana.

Entre las compañías productoras de perlita cruda principales tenemos:

Filter International Inc., Johns Manville Corp., Silbrico Corp., Grefco Inc. etc.

Se sabe que la perlita ha sido explotada a nivel industrial por lo menos en 20 países y que existen depósitos sin explotar en -

otro gran número de ellos.

El resto de la producción mundial es difícil de establecer, debido a la falta de fuentes de información, acompañado del mal reporte de datos usado por otros países.

La producción mundial de perlita cruda es dada en la tabla Nº 5 para un período de 10 años, 1968-77, fuera de Estados Unidos; - Grecia, Hungría, Italia, Japón y Rusia son los países de mayor - producción de perlita cruda.

En 1977, año en que se tienen los últimos datos disponibles, la producción mundial del resto del mundo de perlita cruda fue de - 986.000 toneladas.

Muchas compañías están involucradas en la explotación, procesamiento, expansión, exportación, importación y mercadeo de la perlita a nivel mundial. La tabla 6 especifica la lista de los -- principales productores de perlita cruda e inflada.

TABLA Nº4 PERLITA CRUDA E INFLADA VENDIDA O USADA EN EE.UU.
 (Cantidad en miles de toneladas, valor en miles de dólares)

Año	PERLITA CRUDA		PERLITA INFLADA	
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
1946	5	25	3	93
1950	102	649	87	4741
1955	286	2229	246	12585
1960	312	2665	244	13046
1965	392	3352	344	15391
1970	456	4904	416	24972
1975	512	7281	394	34258
1978	641	13740	546	64297

Fuente: Mineral Commodity Profiles (6).

TABLA N°5 PRODUCCION MUNDIAL DE LA PERLITA CRUDA (1968-77)
(En miles de toneladas)

País	1968	1970	1972	1974	1976	1977
EE.UU.	428	456	545	555	553	597
Méjico	11	14	14	13	16	20
Grecia (procesada)	97	118	120	126	131	163
Hungría	41	66	94	103	106	114
Italia	90	90	95	110	105	100
Rusia	100	150	250	320	360	380
Otros	61	196	172	173	196	209
Producción Mundial	828	990	1290	1400	1467	1583

Fuente: Mineral Commodity Profiles (6)

TABLA N°6 PRINCIPALES COMPAÑIAS PRODUCTORAS DE PERLITA

País	Compañía	Producto
EE.UU.	Grefco Inc. Johns Manville Corp. Silbrico Corp.	Filtros
Méjico	Aislantes del Pacífico Compañía Minera Oriental S.A.	Filtros
Grecia	General Enterprises Sarides S.A. Selver & Baryte Dres, etc.	Agregados
Hungría	National Ore & Mineral Mine Enterprise	Aislantes
Italia	Perlite Italiana S.P.A. Vic Italiana S.P.A.	Agregados de Construcción.
Rusia	State - Owned Enterprises	Aislantes, Filtros Absorbentes.
Japón	Decalite Orient. Co. Ltd.	Filtros

Fuente: Minerals Commodity Profiles (6)

TABLA Nº 7 PRONOSTICO DEL CONSUMO MUNDIAL DE PERLITA
(En miles de toneladas Métricas)

	P R O N O S T I C O		
	C O N S U M O		
	1971	1975	1980
EE.UU. Canadá	550	616	699
Japón	50	56	63
Europa Occidental	260	291	330
Resto del Mundo	81	91	103
Total	941	1054	1135

Fuente: Perlite Around the world (5)

1.5 EXTRACCION Y PROCESAMIENTO (2).

La mayoría de depósitos de perlita, son en forma de domos de la edad terciaria o cuaternaria, y no ofrecen muchas dificultades - para su explotación, ya que son rocas efusivas muy jóvenes, éstas se encuentran rara vez bajo una cubierta espesa, cuya remoción significaría mayor costo. Manualmente pueden ser removidos los suelos meteorizados a las delgadas capas de tobas.

La perlita cruda tiene generalmente una estructura quebradiza y por eso se explota en muchas canteras, solamente con palas mecánicas pesadas, las que sacan la roca directamente del paredón. - En partes más compactas, se colocan tiros para aflojarlas; por medio de tiros explosivos débiles pueden producirse rocas quebradizas que luego han de ser quebradas manualmente si resultaran - piezas grandes, y pueden ser trituradas a mano debido a la consistencia quebradiza de este material.

El proceso para inflar una perlita tiene que ser muy cuidadoso. Las instalaciones de inflado exigen un determinado granulado de perlita cruda para poder elaborar un producto fino e intachable; cada yacimiento de perlita tiene su granulación ideal.

Para la fabricación de concreto ultra liviano debe estar la granulación entre las mallas 8 y 30, (0.6 - 2.5 mm) mientras que -- para ser usada como materia de repello, la malla puede ser más - fina (entre 16-100 mesh o sea 1.25 - 0.16 mm). Pero de cualquier manera tienen que evadirse las partículas finas, es decir menor - de 100 mesh, porque interfieren bastante en el proceso de infla-- do, razón por la cual el triturado y el molido de las perlitas -- debe de efectuarse con sumo cuidado.

Las instalaciones de procesamientos inadecuados arrojan un resultado de más del 50% de partículas finas inutilizables, es imposible alcanzar menos del 25% de partículas finas, de manera que -- siempre habrá cierta parte inutilizable en el procesamiento.

La primera trituración se efectúa mejor con un triturador de mandíbula que debe estar provisto de mandíbulas con ranuras. La trituración fina sólo puede efectuarse en molinos de cilindros -- ya que estos producen la menor porción de polvo. Entre cada paso en el procesamiento, debe existir un tamizado, para deshacerse del polvo y apartar el material con el grano correcto.

Al analizar la tabla Nº 8 se observa más de 50% de subtamaño -- (0.2 mm ó sea 70 mesh) triturando la perlita con trituradora de impacto y molido de cruceros batidores, este subtamaño no es -- apropiado para el inflado en escala industrial.

La trituración más cuidadosa realizada por la trituradora de mandíbula, produce sólo 25% de subtamaño (0.2 mm ó 70 mesh) y 50% -- del material obtenido tiene la granulación normalmente usada en las plantas de expansión de perlitas.

Todas las instalaciones de hornos en que se infla la perlita tienen el mismo principio. Se produce una corriente de aire calentando a una temperatura de más o menos 1100 - 1250°C, por la que cae la perlita granulada ya procesada, como se describió anteriormente. En fracciones de segundos se ablanda el material, al mismo tiempo se evapora el agua contenida en la perlita y los granos se inflan a espuma, en forma de maíz inflado.

El peso volumétrico se rebaja instantáneamente a la décima parte de la arena de la roca. La perlita así inflada es tan liviana -- que puede ser extraída con la corriente de aire caliente de la cámara de inflado.

Tipos de hornos de inflado más usados:

- 1- El Giratorio de tubo,
- 2- El Vertical, que se alimenta por la parte inferior con gas -- para calentar, y al material le cae en sentido contrario.

3- El horno Fijo de tubo con una inclinación de más o menos 15° ; la mayoría de las veces se les acoplan pequeños secadores de tambor a estas instalaciones de hornos, con el objeto de disminuir la humedad que no participa en el inflado. Con este procedimiento se mejora la economía de la instalación y se alcanza en la mayoría de las veces, un peso volumétrico más aceptable de la perlita.

La instalación de horno puede ser construida para rendimientos de media hasta cinco toneladas por hora. Esto corresponde más ó menos de 3 hasta 30 m^3 de perlita expandida por hora.

1.5.1 DESCRIPCION GENERAL DE UNA INSTALACION DE EXPANSION DE PERLITA.

El material crudo es elevado al horno secador, por medio de un elevador de cangilones, el que se carga a mano. El secador es un tambor de 4 m. de largo, calentado por "Fuel Oil" a 400°C ; éste alimenta en forma continua al horno inflador de perlita.

Este horno es un tubo fijo inclinado 15 grados aproximadamente, sin rotación con un diámetro de 45 cm. y aproximadamente 7 m. de largo. El quemador de "Fuel Oil" está colocado a muy poca altura por encima de la solera del horno. El material previamente seco cae desviado por una chapa a través de la llama.

El tiro dentro del horno se efectúa tanto por el ventilador del quemador, como por el ventilador de aspiración, después de los ciclones. La regulación exacta se efectúa mediante un registro que está colocado detrás del recipiente de salida.

El recipiente de salida está sujetado al horno y tiene la forma de un cilindro vertical con un cono de descarga. La longitud de la parte cilíndrica es de 3 m. y un diámetro de 2.5 m; la descarga se hace tanto por la punta del cono como por la parte más alta del recipiente de recibimiento. Así la totalidad del

material es arrastrado por ambos conductos al ciclón captador; - mientras que el polvo que sale del ciclón, pasa por el extractor al aire libre.

Disponiendo de una mejor variante se acoplan uno tras otro dos - ciclones; en este caso es muy poca la cantidad de polvo que sale al aire libre, además producen ambos ciclones dos granulaciones de perlita. El material del primer ciclón puede ser utilizado - directamente para concreto ultraliviano, mientras que el del se- gundo ciclón es un material más fino y puede utilizarse como -- agregado de repello.

El material inflado, captado en el ciclón pasa por gravedad por un alimentador rotativo al silo del envase. (ver figura 2).

TABLA Nº 8 ENSAYOS DE TRITURACION CON VARIOS METODOS
(Cantidad de Fracciones en %)

GRANULACION	TRITURADORA DE MANDIBULA			TRITURADORA DE IMPACTO	MOLINO DE CRUCEROS BATIDORES	
	1	2	3			
0.063	7.4	8.2	7.7	7.8	21.0	25.7
0.063-0.2	20.4	19.6	19.9	20.0	40.3	37.8
0.2 -0.5	20.2	19.1	19.7	19.7	22.6	18.9
0.5 -1.0	10.7	9.3	9.9	10.0	7.4	8.4
1.0 -2.0	19.2	19.0	19.0	19.1	4.0	5.4
2.0 -5.0	18.5	20.3	19.5	19.4	3.2	3.0
5.0 -	3.5	4.6	3.9	4.0	1.6	0.9

Fuente: Estudios sobre el uso industrial de minerales no metálicos (2).



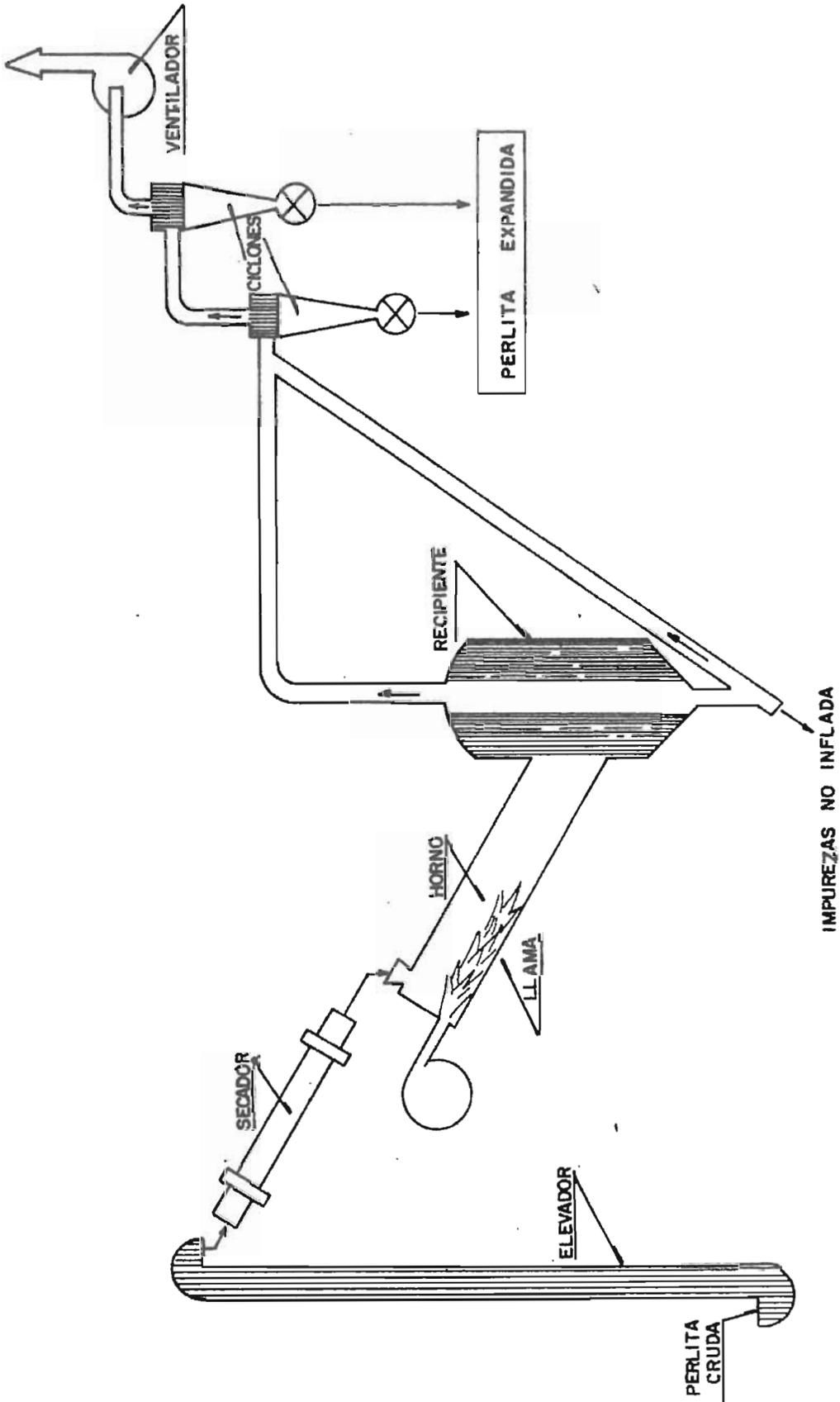


FIG. N° 2 ESQUEMA DE UNA INSTALACION DE EXPANSION DE PERLITA (2)

1.6 PERLITAS EN EL SALVADOR.

Los yacimientos de perlitas en el país se determinaron hace muy pocos años; según las investigaciones realizadas en el año 1970 -- cuando las Naciones Unidas investigaron sobre la minería en el -- norte de El Salvador; las investigaciones no fueron muy profundas, pero sirvieron de plataforma para las siguientes y bajo el punto de vista de la utilización y explotación económica del mineral, -- se comisionó a una segunda Misión Geológica Alemana que trabajó durante los años de 1971-73. Esta comisión logró dar algunas recomendaciones que sirvieron como base para los trabajos de la tercera Misión Geológica. Una de las diferentes tareas de esta misión, era la investigación geológica detallada de yacimientos escogidos de perlite, con el fin de su utilización. Para esto se mapeó y determinó el áreas de afloramientos de perlitas probablemente explotables desde el punto de vista económico.

Los trabajos de estas misiones sobre la perlita de El Salvador -- son los primeros en la región centroamericana.

Todos los yacimientos conocidos afloran al norte de la línea, entre los lagos Coatepeque-Ilopango-Olomega y forman una faja amplia de 30 hasta 40 Km. de ancho que atraviesa todo El Salvador, del -- poniente al oriente.

Hasta hoy solamente se conoce un yacimiento que no está ubicado -- dentro de esta faja, la cual está esencialmente ubicada entre la cordillera de la costa y las rocas volcánicas viejas en la montaña del norte del país.

Con excepción de dos yacimientos, todas las perlitas restantes -- pertenecen a la formación de Cuscatlán, que por consiguiente puede considerarse como la formación prevaeciente.

1.7 YACIMIENTOS DE PERLITA EN EL SALVADOR (2).

1- CERRO AFATE.

Ubicación: alrededores del Lago de Coatepeque.

Esta totalmente compuesto por perlitas de color gris medio, - poca obsidiana.

Area: aproximada = 0.7 Km².

2- CERRO PACHO.

Ubicación: alrededores del Lago de Coatepeque.

Está compuesta de perlitas gris mediano, mucha perlita de pómez y de obsidiana.

Area: aproximada = 1 Km².

3- VENECIA.

Localización: entre Soyapango y Ciudad Delgado.

Está compuesta por perlita gris clara; en la parte inferior - del yacimiento están intercaladas cintas y pedazos negros de obsidiana.

Area aproximada = 0.18 Km².

4- CIUDAD DELGADO.

Localización: Ciudad Delgado

Está formado por perlita gris verdosa y se deshace con facilidad en un material arenoso.

Area: desconocida, porque está tapada por una cubierta espesa de tobas.

5- CERRO QUEMADO.

Localización: cercanías de San Pedro Perulapán

Esté formado por perlitas laminadas, gris claras con muchos -
fenocristales de feldespatos; los flancos de las cúpulas están
formados por dacitas y perlas de transición.

Area aproximada = 0.12 Km².

6- CERRO EL PARAISO.

Localización: cercanías de San Pedro Perulapán

Esté formado por riodacitas de color gris rosado y grises con
partes perlíticas laminadas.

Area aproximada = 0.03 Km².

7- CERRO EL CARMEN.

Localización: cercanías de San Pedro Perulapán

Esté formado por perlitas grises compactas, laminadas; la par-
te superior de la cúpula no es perlítica.

Area aproximada = 0.08 Km².

8- CERRO BUENA VISTA.

Localización: cerca de San Pedro Perulapán

La mayor parte consiste de riodacitas y está cubierta por to-
bas.

Area: desconocida, pero mediante observaciones se considera --
que es pequeña.

9- CERRO CHACHACASTE.

Localización: cerca de Cojutepeque.

La parte exterior de la cúpula está compuesta por riodacitas - laminadas grises rojizas, la parte superior, está formada por perlitas grises claras muchas veces silicificadas; entre las riodacitas y las perlitas se hallan las perlitas de transición esferulíticas.

Area aproximada = 0.75 Km².

10- EL CARMEN.

Localización: cerca de San Rafael Cedros.

Formado por rocas perlíticas color gris claro con tintes verdes, estructuras espumosas, agrietadas.

Area: desconocida.

11- EL ROSARIO.

El yacimiento está ubicado unos 4 Km. al norte de San Rafael Cedros, departamento de Cuscatlán.

Este yacimiento sobresale como un bloque rodeado por tobas y cenizas volcánicas muy recortadas por la erosión. La superficie del bloque presenta, al contrario de los flancos, sólo una morfología ligeramente ondulada, riodacitas intercaladas sobresalen como crestos y montículos.

Las perlitas son de color gris claro a gris medio; en la matriz vitrífica se encuentran numerosos fenocristales de feldespatos claros y agujas finas alargadas de hornblenda negra; por lo general la roca es medianamente maciza y quebradiza, cerca de la superficie es amarillenta y desmoronadiza a causa de la meteorización.

Grandes áreas alrededor de la población del Rosario están cortadas formando una brecha; cubiertas finas de barro se forman en las fisuras, lo que disminuye las posibilidades de empleo técnico.

Además de las perlitas propiamente dichas, aparecen otras de transición, finalmente al tercer tipo de roca bastante difundido son las riocitas no vítreas, que provienen de las perlitas de transición.

La tercera Misión Geológica Alemana en el año 1977 efectuó un programa de perforaciones de exploración para determinar la distribución y el espesor de las perlitas. En el área del yacimiento se efectuaron 35 perforaciones con un total de 953.9 en metros, que fueron examinados y evaluados bajo el punto de vista geológico.

Basado en el espesor del yacimiento se calculó las reservas geológicas midiendo las áreas circunscritas por las líneas de espesores en diversos campos especificados; después se multiplicaron las áreas con el espesor y así se llegó a la cantidad en metros cúbicos. En total las reservas geológicas de El Rosario se calcularon en 14,868,025 toneladas.

Se estima que durante la extracción habrá desperdicios, especialmente en finos en el orden de un 25%. Es decir que las reservas totales serían aproximadamente de 11.3 millones de toneladas.

El proceso de trituración y molienda reducirá la cantidad disponible de perlitas en otros 25 - 30% así, se puede esperar que el yacimiento dé un rendimiento de unos 7.9 - 8.5 millones de toneladas de perlita cruda; según las especificaciones internacionales se trata de reservas seguras. En base a datos de plantas procesadoras de perlitas de otros países, se determina que en este yacimiento hay suficientes reservas para alimentar una planta procesadora durante muchos decenios.

Por lo tanto esta investigación, se concretará a estudiar las perlitas de este yacimiento, encontrar sus propiedades y evaluar si este mineral es de buena calidad para los usos que -- se propone darle.

12- AGUA ZARCA.

Localización: Caserío Agua Zarca, al norte de Quelepa.

Formado por perlitas grises verdosas, muchas partes con una estructura vesicular, perlitas de transición, riocacitas y -- una roca negra dura friable, que probablemente es una lava -- ácida vítrea.

Area: pequeña.

13- SAN IGNACIO.

Localización: San Ignacio.

Formado por perlitas color gris oscuro, más compactas y macizas que lo normal, tienen una estructura laminada, es posible que tenga estratos finos de riocacitas intercaladas.

Area: pequeña.

14- EL TRIUNFO.

Localización: cerca de San Francisco Gotera.

Está formado por perlitas grises claras hasta gris oscuras y verdosas, cizalladas en forma de brecha, tiene fisuras y son muy friables.

Area aproximada: 0.15 Km².

15- SAN FRANCISCO GOTERA.

Localización: San Francisco Gotera.

Formado por perlitas color rosa y grises, ricas en biotita - con estructura porfírica.

Area: 0.005 Km².

16- YAMABAL.

Localización: Guatajagua.

Formado por perlitas impuras, con intrusiones de rocas ajenas.

Area: desconocida.

17- EL CIMARRON.

Localización: San Vicente

Formado principalmente por perlitas grises claras y algunas - de color rosado, muchas partes conglomeradas.

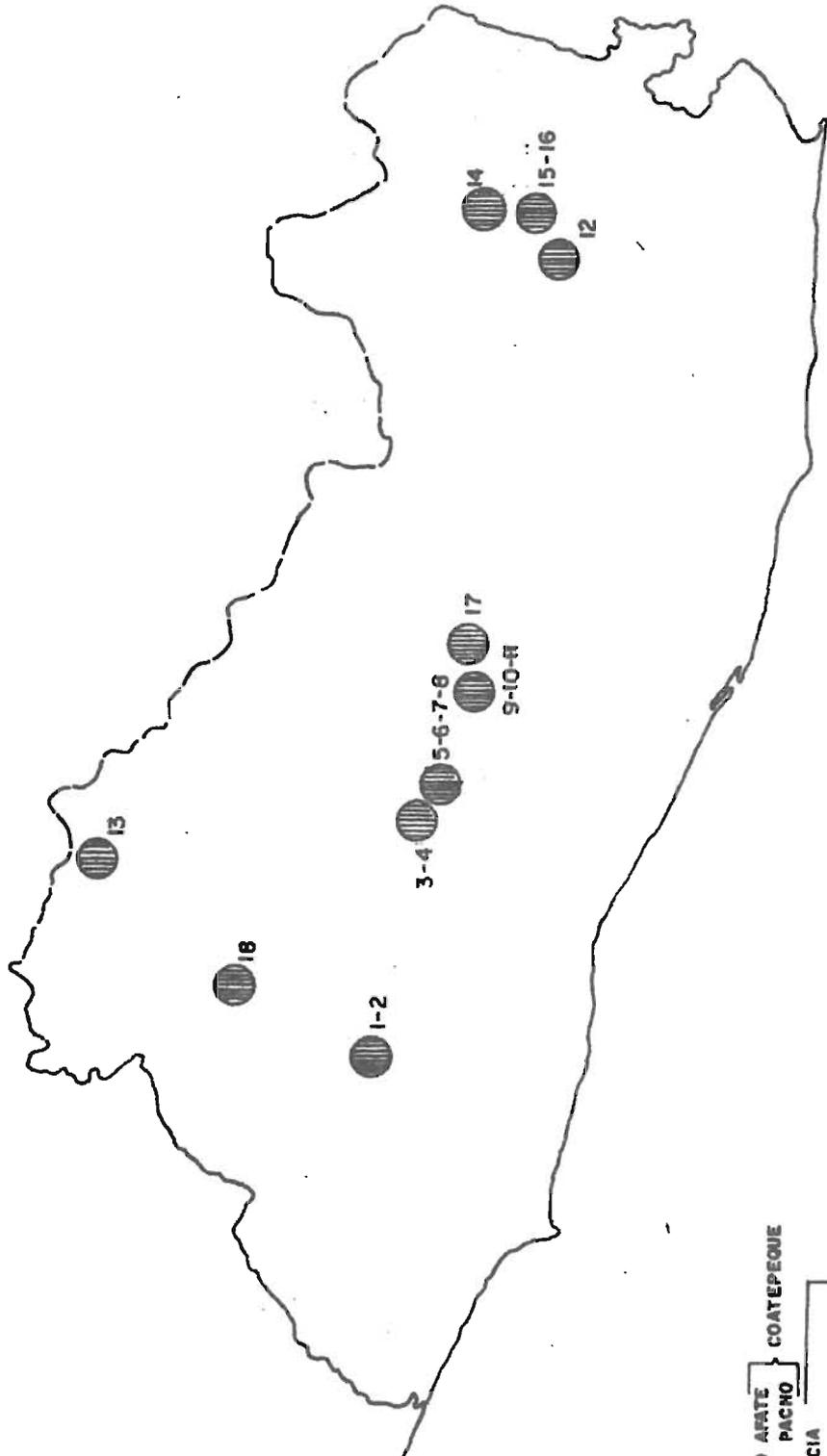
Area: desconocida.

18- CERRO EL COBANO.

Localización: cerca de Texistepeque.

Formado por dacitas grises rosadas en combinación con perlitas gris medio.

Area: muy pequeña.



- 1- CERRO APATE
- 2- " PACHO
- 3- VENEZIA
- 4- CIUDAD DELGADO
- 5 CERRO QUEMADO
- 6 EL PARAISO
- 7 EL CARMEN
- 8 BUENA VISTA
- 9 CERRO CHACHACASTE
- 10 EL CARMEN
- 11 EL ROSARIO
- 12 AGUA ZARCA
- 13 SAN IGNACIO
- 14 EL TRIUNFO
- 15 SAN FCO. GOTERA
- 16 YAMABAL
- 17 EL CIMARRON
- 18 EL COBAMO

COATEPEQUE

SAN SALVADOR

CUSCATLAN

SAN MIGUEL

CHALATEMANGO

MORAZAN

SAN VICENTE

METAPAN

AFLORAMIENTOS DE PERLITA EN EL SALVADOR (2)

FIG. N°3

2.0 MUESTREO, ANALISIS QUIMICO Y FISICO DE LA PERLITA DE EL ROSARIO.

2.1 TECNICA DE MUESTREO (7).

Para efectuar un buen análisis químico y físico de un yacimiento es necesario tener muestras representativas para lo cual hay que seguir la metodología del muestreo, que sea aplicable a la muestra de investigación; en nuestro caso "Perlita" (mineral sólido).

Pasos a seguir para realizar un muestreo:

- a) Localización del yacimiento
- b) Recolección de muestras
- c) Identificación y almacenamiento

a) LOCALIZACION DE YACIMIENTOS.

Los yacimientos de perlita más importantes y de mayor potencial de explotación, son los que se encuentran ubicados en el Rosario, Departamento de Cuscatlán, Fig. Nº 4 (ver descripción de este yacimiento en la parte "Yacimientos de Perlita en El Salvador").

b) RECOLECCION DE MUESTRA.

El muestreo se efectuó en la zona a estudiarse en los lugares - donde se observan a simple vista los afloramientos. Para obtener muestras limpias y no contaminadas con suelo y materia orgánica, fué necesario hacer zanjas de aproximadamente 2x4x3 mts., recolectándose en total 4 muestras de 3 Kg. cada una, así: dos muestras de la parte más superficial, una de la capa media y otra de la capa inferior. (7).

El Centro de Investigaciones Geotécnicas proporcionó cuatro --

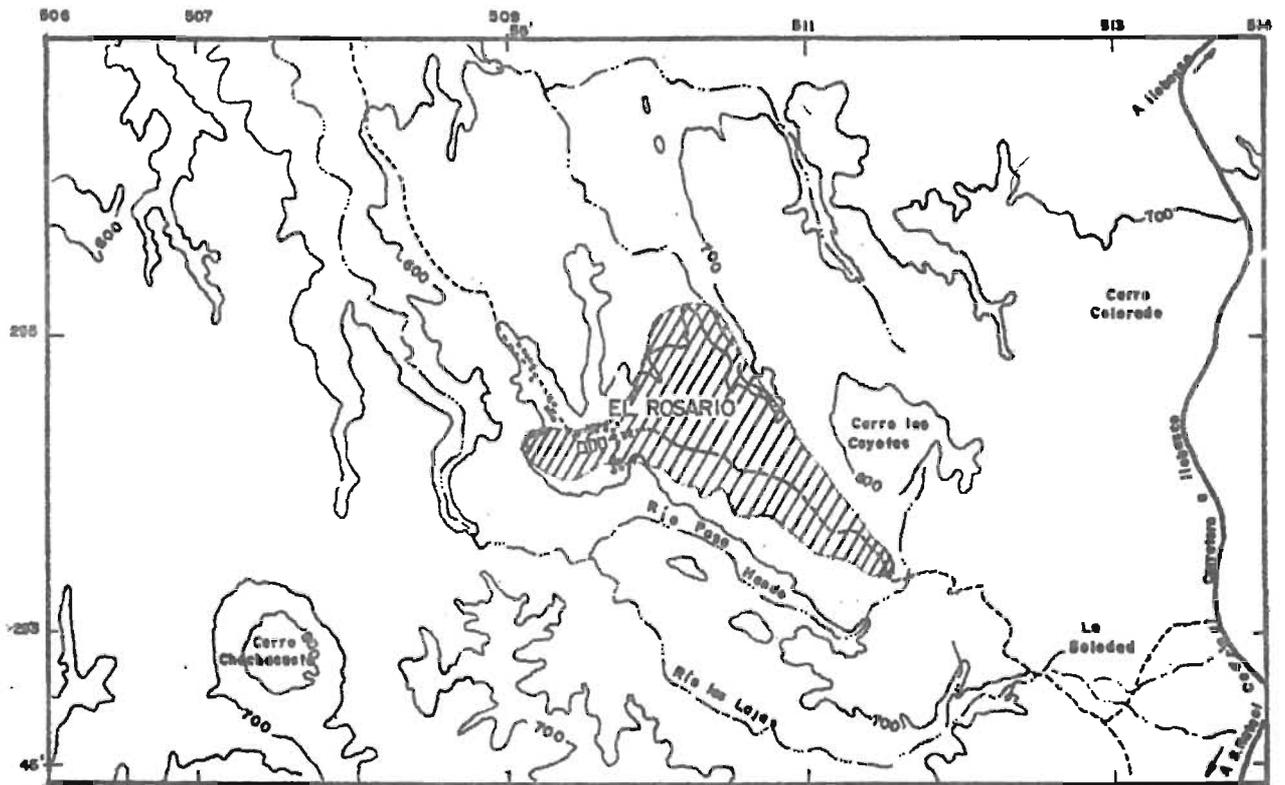


FIG. N°4

UBICACION DEL YACIMIENTO DE PERLITA EL ROSARIO (2)



0 1 2 KMS.
ESCALA 1:50.000

BIBLIOTECA CENTRAL
DE EL SALVADOR

muestras de diferentes profundidades de perforaciones efectuadas por la Misión Geológica Alemana en dicha zona, con el fin de realizar pruebas que servirán para conocer el comportamiento químico a diferentes profundidades.

c) IDENTIFICACION Y ALMACENAMIENTO.

Las muestras tomadas se numeraron del uno al cuatro; uno y dos - las superficiales, tres la de la capa media y cuatro la capa inferior. Las muestras proporcionadas por el Centro, se numeraron según sus profundidades en metros. Todas estas muestras fueron guardadas en bolsas plásticas, para evitar contaminaciones.

2.2 ANALISIS QUIMICO.

2.2.1 PREPARACION DE MUESTRAS.

Cada muestra recolectada se redujo a tamaño de partícula de una a dos pulgadas, utilizando una trituradora de mandíbula; de éstas se separaron dos kilogramos para efectuar las pruebas físicas, y el kilogramo sobrante fue pulverizado en un molino de discos. Este pulverizado se tamizó a que pasara la malla cien (Serie ASTM), cuarteándose varias veces el producto final, del cual se tomaron - aproximadamente 100 gr. para efectuar los análisis químicos.

2.2.2 EQUIPO EMPLEADO.

Para realizar los análisis químicos de las muestras de perlita -- cruda, se usaron métodos instrumentales y gravimétricos; los métodos instrumentales que se aplicaron son rápidos y de gran exactitud

y se detallan a continuación:

1- ESPECTROFOTOMETRO DE ABSORCION ATOMICA.

En general, el análisis efectuado mediante un aparato de Absorción Atómica, en cuanto a su manejo se refiere, está condicionado a las especificaciones particulares del mismo (marca y modelo). En la tabla Nº 9 se proporcionan las condiciones principales de operación que se usaron en las determinaciones de los siguientes elementos químicos: Al, Si, Ti, Ca, Na, K, Fe, Mn y Mg; empleando un aparato marca Perkin Elmer, modelo 460 (8). Se ha considerado conveniente no describir el principio de la Espectrofotometría de Absorción Atómica pues este tema ha sido ampliamente desarrollado en la Literatura siguiente: (9, 10, 11, 12).

2- ESPECTROFOTOMETRO UV - Vis.

Para la determinación del fósforo, se usó un Espectrofotómetro UV Vis marca Bausch and Lomb, modelo Spectronic 21.

3- ESTUFA

Esta fue usada en la determinación del H_2O^- (ligada).

4- HORNO MUFFLA

Se empleó este tipo de horno en la determinación H_2O^+ (combinada).

5- AUTOCLAVE - 3

Se utilizó un aparato marca Perkin Elmer; mediante su uso se logró con facilidad la digestión de la muestra, ya que al mantener la temperatura en $150^{\circ}C$, hubo un incremento de presión, la cual -

aceleró considerablemente la descomposición de la muestra ensayada.

Este autoclave es recomendado para la solubilización de minerales que contienen, Al, Si, Ca, Mg, Mn, Li, Na, K, Ti, V, Zr, Pb, Cu, Ba, Sn, P, Sr y Zn.

2.2.3 DESCRIPCION DE METODOS EMPLEADOS.

De los métodos empleados, únicamente se describe en forma amplia, el de disolución de la muestra, mediante el uso del AUTOCLAVE, ya que su empleo es una innovación en los métodos para solubilizar minerales. Los otros métodos empleados se explicarán brevemente, ya que estos son de uso común en cualquier laboratorio químico.

METODO DE DISOLUCION DE LA MUESTRA EN UN AUTOCLAVE (13).

PROCEDIMIENTO:

- 1-Se secó la muestra ya pulverizada (malla 100) a una temperatura de 105°C - 110°C durante 1 - 2 horas.
- 2-Se pesó 0.1 gr. de muestra seca y se colocó en el vaso de teflón del autoclave.
- 3-Se agregaron 5 ml. de HF (40%) al vaso de teflón.
- 4-Se mantuvieron a una temperatura de 120°C - 150°C durante 30 minutos.
- 5-Se le proporcionó una velocidad de agitación magnética adecuada.
- 6-Luego se enfrió a temperatura ambiente.

- 7-Se agregó al vaso, 5.6 gr. de ácido bórico y agua desmineralizada hasta unos 2 cm. antes del borde del vaso.
- 8-Se agitó con la barra magnética hasta lograr una disolución completa.
- 9-Se llevó esta disolución hasta un volumen de 200 ml. En un recipiente plástico.
- 10-El volumen obtenido sirvió para efectuar las lecturas en el aparato de Absorción Atómica, de los elementos siguientes: Si, Al, Ca, Mg, Mn, Na, K, Fe y Ti.

METODO DE FUSION CON PIROSULFATO DE POTASIO.

El método de fusión se empleó para la determinación de fósforo, usando como reactivo para desarrollar el color, metavanadato de amonio. Las lecturas se efectuaron en un Espectrofotómetro UV - Vis.

METODO DE DETERMINACIONES DE H_2O^+ , H_2O^- y de SO_3^{\pm} .

Estas determinaciones se obtuvieron mediante métodos gravimétricos.

2.2.4 RESULTADOS QUIMICOS.

Los resultados químicos obtenidos empleando los métodos descritos anteriormente se encuentran en las tablas Nº 10 y 11, estos valores representan la media aritmética, ya que cada muestra se analizó por duplicado, y la tabla Nº 12 nos presenta resultados promedios generales.

TABLA Nº 9 CONDICIONES PRINCIPALES DE OPERACION USADAS EN EL APARATO DE ABSORCION ATOMICA
 MODELO 460 PERKIN ELMER (8)

Elemento Determinado	Longitud de Onda	Slit	Ranuras Quemador	Tipo de Llama	Combustible	Factor Químico	Compuesto Obtenido
Al	309	0.7	1	Reductora Roja	Acetileno Oxid.Nitroso	1.8891	Al ₂ O ₃
Si	252	0.2	1	Reductora Roja	Acetileno Oxid.Nitroso	2.1404	SiO ₂
Ti	365	0.2	1	Oxidante Azul	Acetileno Oxid.Nitroso	1.6681	TiO ₂
Ca	423	0.7	1	Reductora Roja	Acetileno Oxid.Nitroso	1.3993	CaO
Na	589	0.7	3	Oxidante Azul	Aire Acetileno	1.3479	Na ₂ O
K	766	2.0	3	Oxidante Azul	Aire Acetileno	1.2046	K ₂ O
Fe	248.6	0.2	1	Oxidante Azul	Aire Acetileno	1.4298	Fe ₂ O ₃
Mn	279	0.2	1	Oxidante Azul	Aire Acetileno	1.2913	MnO
Mg	285	0.7	3	Oxidante Azul	Aire Acetileno	1.6580	MgO

Valores de Longitud de Onda en (nm).

TABLA Nº 10 COMPOSICION QUIMICA DE NUCLEOS DE PERFORACIONES DEL YACIMIENTO DE PERLITA DE EL ROSARIO (en % peso)

Profundidad (m)	MnO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
8.3	0.058	1.90	0.19	1.89	2.86	0.0	0.02
15.9	0.060	1.92	0.20	1.93	2.99	0.0	0.02
19.6	0.058	1.89	0.21	1.96	2.87	0.0	0.02
47.1	0.064	1.96	0.22	1.86	2.94	0.01	0.03

Profundidad (m)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	Pérdida por Calcinación	Σ
8.3	70.54	13.77	0.38	3.47	3.66	98.68
15.9	71.71	13.89	0.50	3.84	3.25	99.90
19.6	71.83	13.98	0.48	4.00	2.24	99.53
47.1	71.65	14.13	0.30	3.98	2.25	99.39

TABLA Nº 11 COMPOSICION QUIMICA DE MUESTRAS SUPERFICIALES DE EL ROSARIO. PERLITA CRUDA
(en % peso)

Muestra	No	MnO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	K ₂ O	SO ₃	P ₂ O ₅
	1	0.05	2.37	0.55	1.97	1.85	0.01	0.02
	2	0.061	1.96	0.21	1.95	2.85	0.00	0.02
	3	0.055	1.84	0.23	1.87	2.96	0.00	0.02
	4	0.064	1.84	0.21	1.87	2.96	0.00	0.02

Muestra	No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO	Na ₂ O	H ₂ O ⁻	H ₂ O ⁺	Σ
	1	70.14	13.05	0.36	3.66	0.3	3.8	98.13
	2	70.21	13.83	0.48	3.92	0.5	3.7	99.69
	3	71.12	13.15	0.38	3.85	0.4	3.3	99.17
	4	70.44	13.67	0.48	3.57	0.5	3.4	99.02

TABLA Nº 12 COMPOSICION QUIMICA PROMEDIO DE LAS MUESTRAS DE PERLITA DE EL ROSARIO (% peso)

Compuesto	Análisis Promedio de		Promedio General
	Muestras Tomadas	Análisis Promedio de Perforaciones	
MnO	0.06	0.06	0.06
Fe ₂ O ₃	2.00	1.92	1.96
TiO ₂	0.30	0.21	0.25
CaO	1.91	1.91	1.91
K ₂ O	2.65	2.92	2.77
SO ₃ ⁼	0.003	0.003	0.003
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.02
SiO ₂	70.47	71.43	70.95
Al ₂ O ₃	13.42	13.94	13.68
MgO	0.42	0.42	0.42
Na ₂ O	3.75	3.82	3.78
H ₂ O ⁻	0.42	-----	0.42
H ₂ O ⁺	3.55	2.85	3.20
	98.97	99.50	99.42

2.3 PROPIEDADES FÍSICAS.

Un mineral es una sustancia inorgánica y natural, que tiene una estructura interna característica determinada por cierto arreglo específico de sus átomos e iones.

Su composición química y sus propiedades físicas o son fijas o varían dentro de límites definidos. Sus propiedades físicas más interesantes, desde el punto de vista de identificación son: el color, el lustre, la tonalidad de sus raspaduras, la forma de cristalización, la dureza, la forma de su fractura y disposición de sus planos cruceros, la tenacidad, la capacidad para permitir el paso de ondas y radiaciones (o luz) y la densidad relativa (14). En este trabajo se han determinado únicamente las propiedades físicas siguientes: Dureza, punto de fusión, índice de refracción, color y gravedad específica, ya que de éstas se tienen valores típicos que nos servirán para comparar con los obtenidos en nuestro análisis físico de la perlita cruda de El Salvador (ver tabla N°1).

2.3.1 DUREZA

Se suele definir esta propiedad como la resistencia de una sustancia a ser rayada. La dureza relativa se ha utilizado como carácter taxonómico desde los mismos comienzos de la mineralogía sistemática.

El mineralogista australiano Mohs dió a este carácter cierta precisión cualitativa, al proponer en 1822, la siguiente escala de dureza relativa.

1- Talco

3- Calcita

2- Veso

4- Fluorita

- | | |
|------------|--------------|
| 5- Apatito | 8- Topacio |
| 6- Ortosa | 9- Corindón |
| 7- Cuarzo | 10- Diamante |

Se han investigado numerosos métodos para determinar cuantitativamente la dureza, y todos ellos han demostrado que los intervalos entre los términos de la escala de Mohs son, con excepción del intervalo 9 - 10 casi iguales. Así, pues, aunque la escala es sólo cualitativa, sirve muy bien para comparar la dureza de los minerales, no siendo fácil hallar otra escala más adecuada. Su empleo sólo exige un equipo de lo más sencillo (14).

EQUIPO EMPLEADO.

Para la determinación de la dureza de la perlita cruda, se utilizaron lápices de dureza (escala Mohs), las cuales son unas barritas metálicas que en un extremo tienen montada una pequeña pieza cónica hecha de uno de los términos de la escala.

2.3.2 COLOR

En la mayoría de los minerales, el color se debe a la absorción de ciertas longitudes de onda, entre las que forman la luz blanca incidente. De aquí se deduce que la luz reflejada ha de poseer el color correspondiente al blanco menos los de las longitudes de onda absorbidas, y que las sustancias oscuras serán aquellas que prácticamente absorban de modo uniforme toda la luz que sobre ellas incide. Las causas que determinan el color de los minerales son variadas y complejas. A veces es una cualidad fundamental directamente relacionada con su composición química, -

como sucede con el azul y el verde de los minerales secundarios de cobre (malaquita y azurita).

Otras veces no está relacionado con la composición, sino que depende de la estructura y del tipo de enlace, lo cual sucede en los polimorfos del carbono, el diamante es incoloro y transparente en contraste con el grafito, que es negro y opaco.

En ocasiones se debe a impurezas, como sucede con las variedades coloreadas de calcedonia. Los minerales que presentan un color constante y característico se llaman Idiocromáticos; aquellos cuyo color varía se denominan Alocromáticos, a este grupo pertenece la perlita. En todo caso, el color constituye una de las características más útiles para la determinación de las especies, pero cuya utilización requiere experiencia y sentido discriminativo (15).

DETERMINACION.

Para observar si el color de la perlita cruda, es un color homogéneo; se hizo un corte con sierra eléctrica en una roca de dicho mineral.

El color se determina visualmente.

2.3.3 GRAVEDAD ESPECIFICA.

La gravedad específica de los sólidos es la relación entre el peso seco de la muestra y el volumen de los sólidos, dividido entre el peso específico del agua.

Para esta determinación se usó la norma ASTM C-127-77 (16).

Cálculo de la gravedad específica de la Perlita.

$$\text{Gr. esp.} = \frac{W_s \times G_{to}}{W_s + W_{mw} - W_{mws}}$$

SIMBOLOGIA.

- W_s = Peso de los sólidos
 W_{mw} = Peso del matraz más agua (de la curva de calibración).
 G_{to} = Gravedad específica del agua a T ($^{\circ}C$)
 W_{mws} = Peso del matraz más agua más muestra a T ($^{\circ}C$)
 $Sp.Gr$ = Gravedad específica del sólido.

2.3.4 INDICE DE REFRACCION.

Para la determinación del Índice de Refracción de la perlita cruda, se empleó el método de microondas, que tiene el mismo principio fundamental de la determinación por medio de un peso de luz - a través del material que se investiga.

Se usó este método por ser la perlita un mineral opaco.

EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES DE OPERACION.

Microwave - Optics

ED-SET. Mark II, modelo X 42004

BUDD - Stanley - Syosset. N.Y.

Se utilizó una microonda polarizada de longitud de onda fija de - 3 cm. (17).

2.3.5 PUNTO DE FUSION.

El punto de fusión fue medido usando un termopar de Cromel-Alumel conectado a un multímetro digital marca KEITHLEY-160 B. Colocando la muestra en un horno de inducción tubular marca LINDERBERG - SB. (17).

2.3.6 RESULTADOS OBTENIDOS.

TABLA Nº 13 RESULTADOS DE PROPIEDADES FÍSICAS Y ÓPTICAS
"PERLITA" DE EL ROSARIO

Color	Gris pálido
Dureza (escala Mohs)	5.5 - 6
Gravedad Específica	2.1
Índice de Refracción	1.2
Punto de Fusión (°F)	1684.4

2.4 DISCUSION DE RESULTADOS.

Al comparar los resultados químicos promedio de la tabla Nº 12, - con los de la tabla Nº 10, observamos que están dentro de los valores de los análisis químicos a nivel mundial.

Al comparar las propiedades físicas y ópticas de la Perlita Salvadoreña dadas en la tabla Nº 13, con las de la tabla Nº 9, se observa que nuestros valores están dentro de los rangos permitidos, teniendo únicamente una pequeña variación en el valor del índice de refracción.

Se observa también, que el yacimiento de El Rosario es bastante homogéneo, ya que los análisis de los núcleos de perforaciones a diferentes profundidades varían muy poco. Ver tabla Nº 10.

3.0 CLASIFICACION Y TRATAMIENTO DE LA MUESTRA DE PERLITA EXPANDIDA DEL YACIMIENTO EL ROSARIO

La muestra de perlita expandida del yacimiento El Rosario, fue proporcionada por El Centro de Investigaciones Geotécnicas; la cual se procesó en la Fábrica Aislantes del Pacífico, Méjico.

3.1 CLASIFICACION.

ANALISIS GRANULOMETRICO

Malla	Peso Retenido gre.	% Retenido Acumulado.	% Pasa Acumulado
Nº 8	0.20	0.20	99.80
Nº 16	3.90	4.10	95.90
Nº 30	19.31	23.41	76.59
Nº 50	38.49	61.90	38.10
Nº100	25.85	87.75	12.25
Fondo	12.25	96.05	3.95
	100.00	100.00	

3.2 TRATAMIENTO DE LIMPIEZA.

Debido a que para cada prueba que se efectuó fue necesario tener diferente granulación, antes de la limpieza se hizo la separación por tamaño, después de clasificada se procedió a hacer la limpieza que consistió en:

- a) Lavado con HCL (1+9)
- b) Lavado con agua destilada
- c) Secado en una estufa 110°C.

4.0 EVALUACION DE LA PERLITA EXPANDIDA COMO AISLANTE TERMICO.

4.1 MECANISMOS DE TRANSFERENCIA DE CALOR.

Los mecanismos mediante los cuales el calor es transferido a través

de un aislante térmico, debido a un gradiente de temperatura son:

- a) Conducción y convección en gases
- b) Conducción en sólidos
- c) Radiación

Cada mecanismo obedece sus propias leyes, la importancia relativa de cada uno de ellos depende, de las propiedades físicas del aislante, de la temperatura y otras condiciones ambientales.

Cuando se diseña un aislante, éste debe tener una baja conductividad térmica.

4.2 MATERIALES TERMICOS AISLANTES.

Un aislante térmico, es un material usado con el propósito de reducir el flujo de calor; éste es debido a la baja conductividad térmica, que se define como "las veces que el calor fluye a través de la unidad de área de una sustancia homogénea, bajo la influencia de un gradiente unitario de temperatura en dirección perpendicular al área" y se representa por K.

La unidad usada en Ingeniería para la conductividad térmica es -

$$K = \frac{\text{BTU}}{\text{hr} - \text{pie}^2 - (\text{°F/pulg})}$$

La conductividad térmica varía con la temperatura y es calculada a una temperatura específica; una baja conductividad es un término relativo, ya que éste depende de su aplicación.

Las propiedades de los materiales aislantes son de variada importancia, dependiendo del uso a que se destinen; algunas propiedades son:

- a) Buena resistencia mecánica

- b) Dureza
- c) Buen comportamiento en las temperaturas de empleo
- d) Buena conservación de sus propiedades con el tiempo
- e) Inerte a los materiales en que se empleará el aislante
- f) Resistencia a los diferentes agentes de destrucción.

Una gran variedad de materiales han sido usados como aislantes - térmicos, algunos de los más comunes son el corcho y sus productos; lana mineral en varias formas, vermiculita inflada, fibra - de madera, papeles orgánicos, papel de aluminio, silicatos de -- calcio y perlita expandida (18).

4.3 AISLANTES DE PERLITA (5).

Una de las más grandes aplicaciones de la perlita expandida es - como aislante térmico en la industria de la construcción y en - equipos industriales (tanques, silos, equipos de vapor, tuberías etc.).

En estos campos el rango de temperatura, generalmente está entre 50 - 300 °F; la perlita se mezcla con cemento Portland y agua -- para producir un concreto liviano, el cual se usa en estructuras de poco peso y donde se necesita aislamiento, resistencia y segu- ridad contra el fuego y el viento.

La perlita también puede ser combinada con arena u otro agregado para producir un concreto de peso mediano y aumentar su resisten- cia.

Estos agregados generalmente producen concretos de pesos de 15 a 50 lbs por pie³ y el rango de su conductividad térmica está en-- tre 0.45 a 1.5

$$\frac{\text{BTU}}{\text{hr. Pie}^2 (\text{°F/pulg})} .$$

También se utiliza la perlita como agregado de repello, mezclada con yeso o cemento Portland para aplicar en paredes u otras superficies, estos productos presentan las ventajas de:

- Peso liviano
- Aislamiento
- Incombustibles
- No tóxico
- Reduce la transmisión del sonido
- Adaptable, fácil de medir, mezclar y manipular
- Durable
- No se deteriora

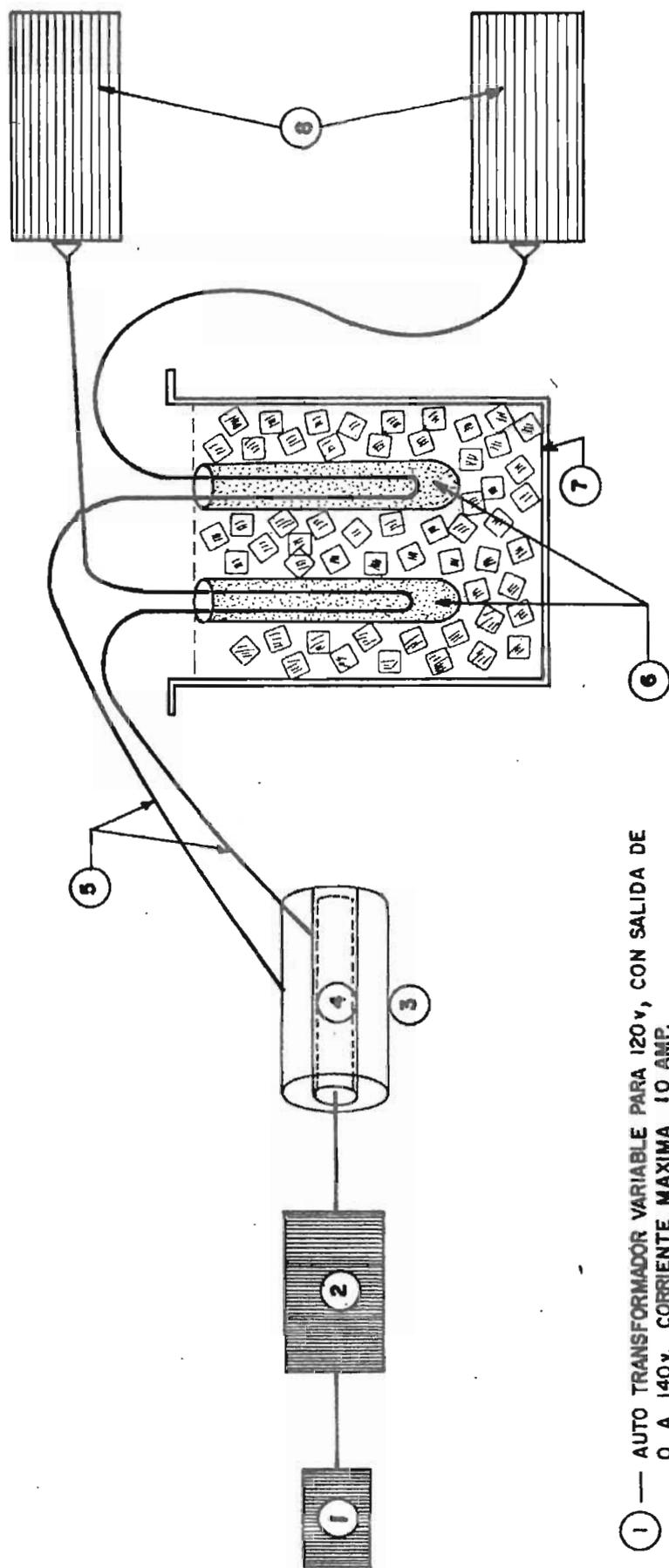
El concreto deberá tener las propiedades físicas requeridas para el uso a que se destine, se hace necesario para la mayoría de -- usos un buen balance entre su valor aislante y la resistencia. También la perlita se puede usar suelta y tratada con silicona, con el fin de repeler el agua. Combinada con celulosa se puede construir tableros aislantes.

4.4. ENSAYOS DEL MINERAL COMO AISLANTE TERMICO.

La perlita inflada tiene una baja conductividad térmica, esta - se medirá en mezclas con cemento ya que una de sus aplicaciones es como concreto aislante.

4.4.1 METODOLOGIA.

Las conductividades térmicas se determinaron empleando el método



1 — AUTO TRANSFORMADOR VARIABLE PARA 120 v, CON SALIDA DE 0 A 140v. CORRIENTE MAXIMA 10 AMP.

2 — TERMO REGULADOR

3 — CILINDRO DE PERLITA

4 — CAUTIN

5 — TERMOCUPLAS CROMEL-ALUMEL

6 — TUBOS DE ENSAYO CON GLICERINA

7 — BAÑO FRIO (HIELO)

8 — MULTIMETRO DIGITAL

FIG. N° 5
ESQUEMA DEL EQUIPO UTILIZADO PARA ENCONTRAR
CONDUCTIVIDADES TERMICAS

del cilindro o de Van Rinsum, según especificaciones de la norma ASTM C-335. Como fuente de calor se empleó un caudín, conectado a un termoregulador para mantener constante la temperatura -- interna del cilindro.

Para obtener resultados bastante exactos, los termopares de Cromel Alumel se hicieron pasar por un baño frío a 0°C, que es la temperatura de referencia ideal.

El esquema de los aparatos utilizados aparece en la Figura NQ 5. Estas pruebas se llevaron a cabo en el Departamento de Física de la Universidad de El Salvador, Sección del Estado Sólido.

4.4.2 PREPARACION DEL MATERIAL DE PRUEBA.

Se hicieron diferentes grados granulométricos de perlita para -- ser mezclados con cemento Portland (19).

Grado	Malla	% Peso	Densidad lbs/pie ³
1	+ 150	5	10
2	+ 16	50	8
	-16 + 20	20	
	-20 + 30	10	
	-30 + 50	10	
	-50 +100	5	
	-100	5	

Grado	Malla	% Peso	Densidad lbs/pie ³
3	+ 16	12	7.5
	-16 + 20	27	
	-20 + 30	26	
	-30 + 50	23	
	-50 +100	9	
	-100	3	
4	+ 16	1	3
	+16 - 20	1	
	-20 + 30	12	
	-30 + 50	36	
	-50 +100	30	
	-100	20	

Cada grado de muestra se colocó en un recipiente con agua durante 24 horas, con el fin de hidratarla, secándose a continuación hasta lograr únicamente una humedad superficial entre 10 y 15 %; esto se realizó para obtener una buena cohesión con el cemento (7). Se usó una relación en peso 1:3 cemento-perlita, estas mezclas -- fueron hechas en una mezcladora mecánica para lograr una buena -- homogeneidad en la misma, con esta mezcla se llenaron los moldes, se usaron moldes cilíndricos concéntricos de longitud = 0.646 pies

Radio externo = 1.97 pulg.
 Radio interno = 0.5 "

El tiempo de fraguado de estos cilindros fue de 3 días y el secado de una semana.

4.4.3 PROCEDIMIENTO Y CALCULOS.

Aplicando una determinada diferencia de potencial a la resistencia eléctrica, y controlando por medio de un termoregulador la temperatura deseada en las paredes internas del tubo; cuando el sistema alcanzó el estado estable, se procedió a efectuar lecturas de las temperaturas en las paredes externa e interna del cilindro (esta se mantuvo constante).

Con estos valores, que se proporcionan en la tabla Nº 14 se efectuaron los cálculos del coeficiente de conductividad térmica mediante la aplicación de las siguientes ecuaciones (24).

FLUJO DE CALOR

$$Q = 3.4127 EI$$

Donde: Q = Flujo calorífico en BTU/hr.

E = Tensión eléctrica en voltios

I = Intensidad de la corriente en amperios

COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TERMICA

$$K = \frac{12 Q \ln (R_2/R_1)}{\Delta T L}$$

Donde:

K = Coeficiente de conductividad térmica en BTU/hr-Pie²(°F/pulg)

R₁ = Radio interno del cilindro = 0.5 pulg.

R₂ = Radio externo del cilindro = 1.97

L = Longitud del cilindro = 0.646 pies

ΔT = T_a - T_b = Diferencia entre las temperaturas de las paredes externa e interna del cilindro.

4.4.4 RESULTADOS OBTENIDOS.

Los resultados obtenidos se encuentran en la tabla Nº 14

4.4.5 DISCUSION DE RESULTADOS.

De los coeficientes de conductividad térmica obtenidos, que son reportados en la tabla Nº 14, se observa que el concreto de perlita es un buen aislante térmico, ya que los valores están comprendidos en el rango especificado por la norma ASTM C-332, para concretos aislantes livianos. También se nota que para el grado -- Nº 4 o sea el grado de concreto más liviano se obtienen valores de conductividad térmica más bajos, que para los otros grados. El material utilizado en la fabricación de los cilindros para las pruebas de aislamiento térmico, resiste las diferentes temperaturas a las que es sometido, sin presentar alteraciones físicas como grietas o desmoronamientos.

TABLA Nº 14 RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS MEDICIONES DE CONDUCTIVIDAD TERMICA EXPERIMENTALES
PARA LOS DIFERENTES GRADOS DE PERLITA.

Ta (°F)	Tb (°F)	ΔT (°F)	V (voltios)	I (amp.)	Q BTU/hr.	K = $\frac{BTU}{hr.Pie^2(°F/pulg)}$
150	87.8	62.2	15	0.3	15.35	1.1497
212	133.5	78.5	17	0.5	29.02	1.4985
302	199.3	102.7	21	0.6	43.0	1.6972
<u>GRADO 1</u>						
150	94.6	55.40	15	0.3	15.35	1.1232
212	130.6	81.40	17	0.5	29.02	1.445
302	174.8	127.2	21	0.6	43.0	1.3703
<u>GRADO 2</u>						
150	98.09	51.91	15	0.3	15.35	1.1128
212	130.1	81.9	17	0.5	29.02	1.436
302	176.	126.0	21	0.6	43.0	1.3833
<u>GRADO 3</u>						
150	80.61	69.39	15	0.3	15.35	0.8967
212	128.4	83.6	17	0.5	29.02	1.407
302	173.9	128.1	21	0.6	43.0	1.3606
<u>GRADO 4</u>						

5.0 EVALUACION DE LA PERLITA EXPANDIDA COMO PIGMENTO EN PINTURAS.

5.1 PINTURAS (19).

La palabra pintura tiene extensa significación, se aplica en revestimientos protectores y decorativos, los cuales se secan por exposición al aire o por métodos especiales de secado.

Los principales ingredientes empleados en las pinturas son:

- Pigmentos
- Vehículos
- Aditivos
- Solventes

Básicamente, la producción de pinturas es la cuidadosa integración de los pigmentos con cierto líquido adecuado, denominado vehículo; los pigmentos son usados principalmente para impartir color y opacidad, pero también afectan otras propiedades físicas del recubrimiento.

Los pigmentos varían ampliamente con el tamaño de la partícula, forma, humidificación por aceites y resinas, reactividad química, efecto de la velocidad de secado del recubrimiento y absorción ultravioleta; por lo tanto las propiedades físicas de la pintura, varían ampliamente.

La cantidad de pigmento que se usa y el tipo de pintura que se fabrica son muy variados; en general, los pigmentos inorgánicos contribuyen a dar dureza y firmeza a la pintura.

En pinturas brillantes, el pigmento reduce la permeabilidad a la humedad, pero en pinturas con alto contenido de pigmentos hace que sea más permeable que las claras. Algunos pigmentos son organofílicos o fácilmente humedecidos por aceites y resinas; otros son organofóbicos, que significa difíciles de humedecer. Si el -

pigmento es poco humedecido por el vehículo, la pintura será menos compacta, y por tanto más permeable y muy débil. Muchos vehículos contienen un pequeño porcentaje de ácidos grasos y otros ácidos, lo que puede causar una oxidación en el proceso de secado. Algunos pigmentos son inertes a la acción de estos ácidos, pero los pigmentos más usados como el óxido de zinc, plomo blanco y plomo rojo, reaccionan con los ácidos para formar jabones metálicos.

Uno de los más destructivos agentes para pinturas exteriores, es el componente ultravioleta de la luz solar; ya que ésta acelera la oxidación de los aceites secantes.

Pigmentos tales como el óxido de zinc, absorben la luz ultravioleta.

El vehículo puede ser un aceite secante, un barniz o una disolución o suspensión de resinas naturales o sintéticas, en un solvente orgánico o acuoso. La pintura resultante, usualmente es de consistencia fluida. El aceite de linaza es el secante más comúnmente usado.

Dependiendo del uso que se le dará a la pintura, así será la elección del pigmento y el vehículo.

Las resinas pueden ser clasificadas bajo 2 categorías: naturales y sintéticas.

Las naturales, son las que se usan en la pintura sin ser modificadas por procesos químicos. Las resinas sintéticas son las que se tratan antes de la preparación del recubrimiento.

Las características más importantes de las resinas naturales, desde el punto de vista de recubrimiento es el tipo de solubilidad y la dureza.

Los barnices se clasifican en 2 clases:

1- Oleorresinosos y catalizados

2- Barnices al alcohol

Los barnices se usan en pinturas para preservar la superficie de la abrasión y los gases atmosféricos, y para realzar la belleza de los acabados.

Los aditivos, son materiales que se adicionan en cantidades pequeñas a la pintura, éstos pueden ser: secantes, espesadores, surfactantes, emulsionantes, antiespumantes, preservativos, plastificantes, etc.

Los solventes más usados en pinturas son los siguientes: alcoholes, cetonas, ésteres, alifáticos solventes de hidrocarburos, etc.

5.2 ENSAYOS DEL MINERAL COMO PIGMENTO EN PINTURAS.

Uno de los factores más importantes en la formulación de pinturas, es la concentración del pigmento, expresada como porcentaje en volumen del total no volátil de la pintura.

La perlita fue probada como pigmento inerte o extendedor, usando un tamaño de partícula malla 325. Tales pruebas fueron realizadas en los Laboratorios de Sherwin Williams de C.A., los cuales utilizan como pigmento inerte, Caolín.

5.2.1 PRUEBAS REALIZADAS.

1- Absorción de aceite norma ASTM D-281-31 (16)

Se pesó un gramo de perlita (pigmento inerte) y se agregó poco a poco aceite de linaza, incorporándose con una espátula hasta producir una pasta homogénea, dura y coherente.

Absorción de aceite = $\frac{\text{mililitros de aceite utilizados}}{\text{gramos de pigmento}} \times 100$.

2- PH. Norma ASTM E-70-77

Se preparó una solución al 10% en agua, agitándose para mantener las partículas en suspensión, en el momento de hacer la lectura en un medidor de P.H.

3- Prueba de molienda Norma ASTM D-1208-65

Se pesaron 5 gramos de la muestra y se secaron al horno durante 2 horas, a una temperatura de 110°C, luego se enfrió, se tamizó en una malla 325 de 3 pulgadas de diámetro.

% de residuo malla 325 = (Diferencia de pesos x 100).

Esta prueba se usó para determinar la finura de la muestra.

4- Prueba de dispersión. Se elaboró un pequeño lote experimental de pintura para determinar la dispersión de la muestra.

5.2.2 RESULTADOS OBTENIDOS

	Perlita	Caolín (*)
Absorción de Aceite	92	65 - 75
PH	7.8	4 - 6
Molienda	12 %	0.5 %
Dispersión	Mala	Buena

(*) Valores requeridos por la Fábrica Sherwin - Williams.

5.2.3 DISCUSION DE RESULTADOS.

Al observar los resultados de las pruebas efectuadas, se nota -- que la perlita expandida de El Rosario, no cumple con los valo-- res establecidos para un buen pigmento; como el Caolín que se ha tomado de referencia.

6.0 EVALUACION DEL MINERAL PERLITA COMO COADYUVANTE DE FILTRACION(20)

6.1 GENERALIDADES.

La filtración discutida en este estudio, trata de la remoción de sólidos suspendidos incluidos algunos semi-coloides; esencialmen_ te involucra la clarificación de un líquido, bajo la acción de - una presión o un vacío a través de una tela o una malla metálica. Idealmente el líquido pasa a través del medio filtrante, dejando sólidos que forman una torta permeable en el tamíz de partículas grandes e incompresibles. En la práctica los sólidos muy finos pasan a través del filtro, dejando atrapadas solamente las partí_ culas grandes, en este último caso el flujo del líquido es redu- cido hasta un nivel no-económico y también habrá una reducción - en el espesor de la torta formada en el tamíz, haciéndose en es- te caso muy difícil su limpieza.

Estas dificultades, se dan principalmente en casi todos los lí-- quidos orgánicos y productos alimenticios.

6.2 COMO TRABAJAN LOS COADYUVANTES (20).

La filtración es una operación en 2 pasos:

.....

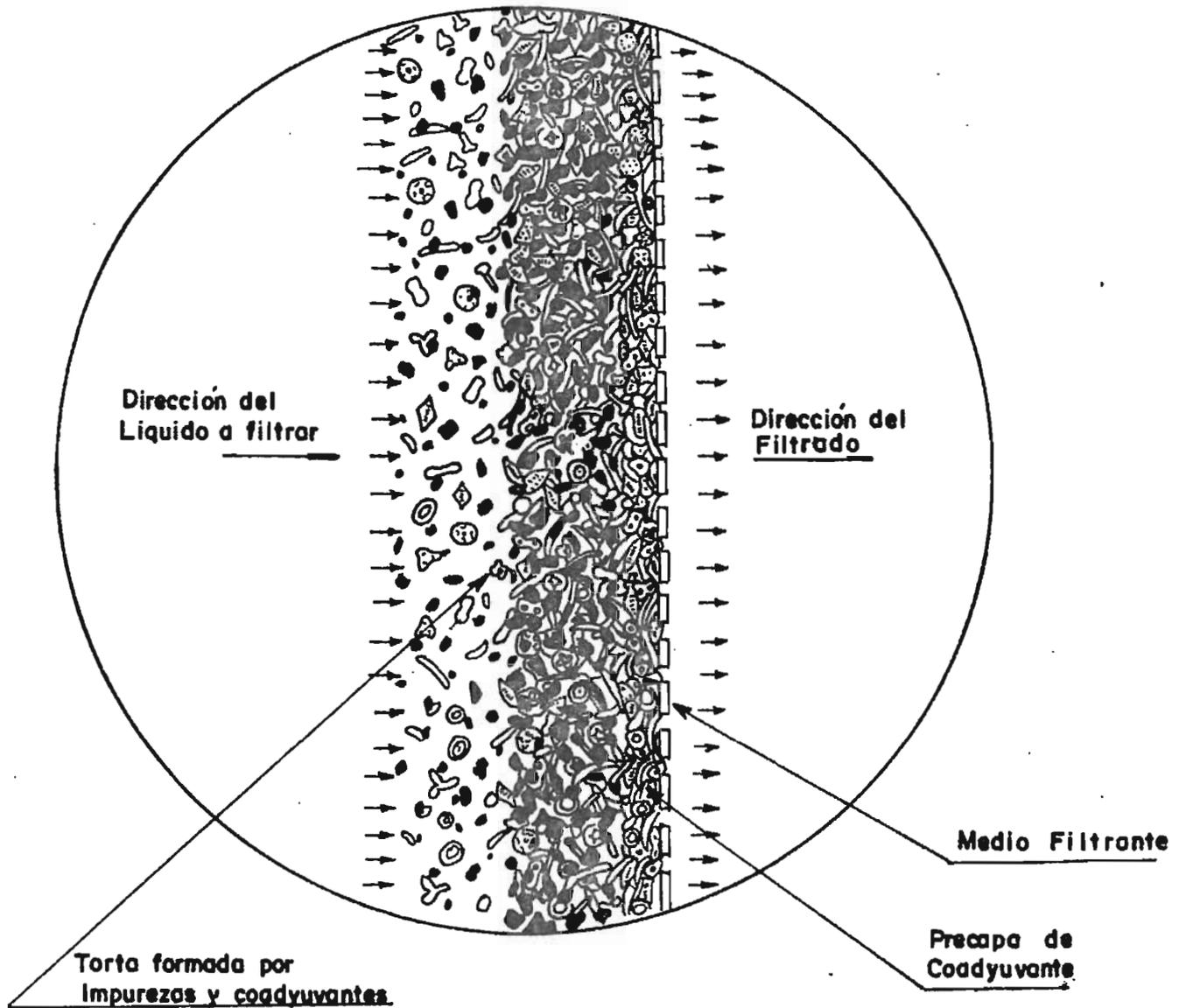
Una capa delgada de **coadyuvante** (precapa) es formada en el filtro, debido a la circulación de una solución de coadyuvante. -- Después de la formación de la precapa, pequeñas cantidades de coadyuvantes son regularmente añadidos a la solución que se desea filtrar. Conforme la filtración progresa, el coadyuvante -- mezclado con el líquido turbio se va depositando en la precapa; por lo tanto una nueva superficie filtrante se está formando continuamente, las pequeñas partículas de coadyuvante, proveen canales pequeñísimos los cuales atrapan las impurezas suspendidas, pero permiten el paso del líquido claro, sin presentar obstáculo. (ver Figura Nº 6).

Un coadyuvante económico y eficiente debe cumplir las siguientes propiedades:

- 1- Debe tener partículas individualmente fuertes, de forma uniforme y porosas.
- 2- Formar una torta altamente permeable pero rígida e incompresible.
- 3- Remover completamente los sólidos finos a altas velocidades de flujo.
- 4- Ser químicamente inerte e insoluble.

La diatomita y perlita llenan completamente estas especificaciones; en una amplia variedad de tamaños y tienen composición inerte, lo que las hace completamente insolubles en algunos líquidos. Además de los grados standard de coadyuvantes para clarificaciones industriales, existen también productos para una amplia variedad de operaciones de filtración, por ejemplo:

- Coadyuvantes para precapa
- Absorbentes
- Coadyuvantes para ácidos



CORTE TRANSVERSAL DE UN FILTRO USANDO COADYUVANTE (20)

FIG. Nº 6

6.3 SELECCION DEL GRADO DE COADYUVANTE.

La Fábrica Johns - Manville produce coadyuvantes de distintos grados y tamaños de perlita y diatomita.

La diatomita, la producen en forma natural, calcinada y calcinada purificada, siendo sus nombres comerciales: Filter-Cel, Standard, Hy-Flo (con diferentes numeraciones, dependiendo de su tamaño).

La perlita expandida, es molida y clasificada.

Los grados disponibles son Terracel 300, 400, 500, 600; estos grados indican el tamaño de la partícula.

En el uso de los coadyuvantes, el tamaño de la partícula, está relacionado con la velocidad. A tamaño mayor, es mayor la velocidad y la habilidad del coadyuvante para remover partículas de la suspensión, disminuye.

El alcance de estos materiales depende mucho del tipo y tamaño de las partículas a remover de la suspensión. En la mayoría de los casos, si el tamaño de la partícula de los sólidos suspendidos es menor que el del coadyuvante, la clarificación se incrementa.

Si por ejemplo, un coadyuvante dado remueve 100% de los sólidos disueltos, uno de tamaño más fino no aumentará la claridad, pero sí dará una velocidad menor.

La selección del verdadero grado de coadyuvante esta dado por una relación entre una alta claridad y una baja velocidad; o una baja claridad y una velocidad alta de flujo. El mejor coadyuvante es el que provee la velocidad más rápida y una adecuada claridad.

La correcta claridad debe ser determinada y especificada por los usuarios del coadyuvante. Para una clarificación establecida, -- ésta es determinada principalmente por:

- 1- Grado y cantidad de coadyuvante en la suspensión
- 2- Grado y cantidad de coadyuvante en la precapa
- 3- Longitud del ciclo.

La claridad, o sea la cantidad de sólidos no disueltos en el filtrado, puede ser determinada de la siguiente forma:

- 1- Examen visual de una muestra de filtrado
- 2- Comparando una muestra de filtrado con un standard.
- 3- Uso de un turbidímetro
- 4- Filtrando una muestra de filtrado en un papel filtro y observando las impurezas en el papel.
- 5- Análisis químico
- 6- Análisis gravimétrico

Es extremadamente difícil establecer el tamaño del sólido que será removido por algún grado de coadyuvante, y esto dependerá del método usado para medir el tamaño del contaminante, el tipo de líquido, la forma de la partícula y las características de las partículas.

Una aproximación del grado de claridad obtenida por algún tipo de coadyuvante puede ser determinada por varias pruebas de filtración usando un embudo Buchner, estas pruebas no serán exactas porque no se trabaja a condiciones reales. Cuando el ciclo progresa, la torta tiende a obstruirse por las partículas que se están removiendo; esta obstrucción de la torta produce un filtrado progresivamente más claro. Es aconsejable que al completarse el ciclo, este sea mezclado para obtener una claridad promedio, en lugar de tener claridades diferentes.

6.4 SISTEMA DE FILTRACION. (20)

Las partes esenciales de un sistema de filtración con coadyuvantes consiste en: filtro, bomba, tanques conteniendo el coadyuvante para la precapa y para la solución, y una bomba para la adición continua del coadyuvante a la suspensión. El sistema puede también incluir una bomba para la circulación de la precapa y líneas auxiliares para adicionar el agua de recirculación, para lavar la torta, etc.

La adición continua de coadyuvante es hecha mediante una suspensión o en forma seca; si se agrega como suspensión, se hace mediante una bomba. Si la filtración es en proceso batch, la cantidad de coadyuvante puede ser añadida directamente.

En la operación de un sistema de filtración, al filtro se le pone primero la precapa por circulación de una mezcla de coadyuvante en solución a través del filtro, esto es continuado hasta que todo el coadyuvante es depositado en él. El sistema de inyección de la alimentación comienza entonces y da inicio la filtración.

6.5 PROCESOS DE FILTRACION.

6.5.1 PROPOSITOS DE LA PRECAPA

- 1- Prevenir el atascamiento del filtro debido a las impurezas, esto hace que se prolongue la vida del medio filtrante.
- 2- Facilitar la limpieza del medio filtrante al final de cada ciclo.
- 3- Dar una clarificación inmediata.

6.5.2 PROCEDIMIENTO DE FILTRACION.

Cantidad de coadyuvante para la precapa.

La cantidad de precapa será de 10 a 15 lbs/100 pies² de área de filtración. Se usan 10 libras de coadyuvante por 100 pies² de área de filtración para obtener una precapa de 1/16 de pulgada aproximadamente.

Se usan 15 libras cuando la distribución de flujo en el filtro es pobre o cuando se trabaja con un filtro nuevo.

Si la distribución es imperfecta, la precapa en los extremos puede ser inadecuada; esta condición puede remediarse mediante el uso de baffles.

La velocidad de aplicación de la precapa dependerá principalmente de la viscosidad el líquido usado.

La velocidad deberá ser suficiente para mantener todo el coadyuvante en suspensión, pero no debe ser tan rápida ya que causaría erosión en la torta.

Para el agua, la velocidad recomendada es de 1 a 2 gal/ft²-min. y para líquidos viscosos debe ser de 5 gal/ft²-hora.

La regla general para aplicar la precapa, es una velocidad que proporcione una presión diferencial de aproximadamente 2 lb/in².

Después que la precapa se ha colocado, se comienza a bombear la alimentación.

6.5.3 REMOSION DE LA TORTA.

Al final del ciclo de filtración, la torta puede ser removida por uno de los siguientes métodos.

- 1- Lavado de contracorriente
- 2- Descarga de la torta seca
- 3- Combinación de los 2 anteriores

Con cualquier método que se use, es importante que la limpieza sea completa, por que de otra forma el medio filtrante puede que dar obstruido y causar una filtración inadecuada.

6.6 TIPOS DE FILTROS.

Se dispone de una gran variedad de filtros industriales, para ser usados con coadyuvantes, cada uno con sus ventajas y desventajas.

Estos caen en las 2 siguientes clasificaciones.

1- A presión

2- A vacío

6.6.1 FILTROS A PRESION

FILTRO PRENSA.

El filtro prensa, presenta la ventaja de bajo costo, larga duración y fácil limpieza, tiene una baja relación volumen - área de filtración, lo que los hace más eficientes para el lavado. Debido también a esta baja relación, al final del ciclo queda muy poco residuo sin filtrar.

Los filtros se construyen con muchas variaciones y con diferentes posiciones de entradas y salidas. Para un buen funcionamiento, es absolutamente necesario que todo el aire sea purgado del filtro antes de comenzar a operar, esto se hace difícil cuando el medio filtrante ha sido enmarcado.

Filtro de tanque horizontal con hojas verticales tipo H.

Estos filtros están contruídos de tal manera que las hojas pueden ser recogidos rápidamente del filtro; si la torta se quita en

seco de las hojas, ésta, que se encuentra unida a la hoja es descargada manualmente o por medio de un vibrador.

Para una mayor eficiencia de limpieza, estos filtros se construyen con compuertas oscilatorias.

6.6.2 FILTROS AL VACIO

EXISTEN DOS TIPOS.

- 1- Filtro de hojas
- 2- Filtro rotativo de precapa

6.7 EVALUACION Y PRUEBAS PARA EL COADYUVANTE.

Antes de llevar a cabo una determinada filtración, deben realizarse algunas pruebas, ya que es imposible predecir los resultados de filtración únicamente basados en sus características físicas.

La muestra elegida debe ser representativa y tener las características de una filtración estable, ya que sus propiedades químicas pueden ser estables, pero la filtración puede no serlo. - Estas pruebas se realizan de la siguiente forma:

- 1- Pruebas de laboratorio, para lo cual se usa en embudo Buchner o un aparato similar, que sea adecuado para determinar la clarificación y su velocidad.
- 2- Establecimiento de ciclos cortos, para obtener diferentes velocidades de flujo.
- 3- Establecimiento de ciclos largos, con el fin de obtener velocidades de flujo para un volumen determinado (BATCH).

Los ciclos cortos no deben ser mayores de 20 minutos y deben ser a presión constante.

Debido a la compresibilidad de la torta, los resultados obtenidos en las pruebas de ciclo corto, no pueden ser extrapolados a ciclos industriales con ningún grado de certeza; estas pruebas serán de utilidad únicamente en la determinación del grado de coadyuvante a usar.

Se ha comprobado teórica y empíricamente que la compresibilidad tiene un efecto directo en la porosidad, ya que un ligero decrecimiento en la porosidad, resulta en un gran decrecimiento en el flujo, y ésto no puede deberse únicamente a la naturaleza del sólido a ser removido, sino que también a la velocidad de filtración, caída de presión y presión final.

En especial, cuando se hacen pruebas para ciclos largos, es necesario que la muestra sea tomada continuamente del proceso real; estas pruebas deben ser hechas de ser posible a velocidad constante, y de esta manera la interpretación gráfica de los datos se hace más fácil, como se ha dicho anteriormente, una idea general de la clase de coadyuvante a ser usado para obtener una claridad deseada, puede ser obtenida por medio de un embudo Buchner. El grado de coadyuvante que nos de la mínima claridad aceptable también debe dar una máxima velocidad. Estas pruebas se hacen tanto para la precapa como para la suspensión.

Aquí solamente se han cubierto las generalidades, las necesidades particulares, solamente serán determinadas mediante pruebas específicas; para propósitos de comparación, la precapa es la misma para todas las pruebas.

6.8 FILTRACIONES CON COADYUVANTES.

Los coadyuvantes son usados ampliamente en la industria y juegan

una parte integral en muchos procesos; son usados para remover -- catalizadores, adsorbentes, estabilizadores químicos, etc.

La siguiente lista contiene algunos procesos en los que actualmente se usan los coadyuvantes.

- Jugos de frutas y vegetales
- Aceites animales
- Aceites vegetales
- Ceras
- Productos lácteos
- Gelatinas
- Salmueras
- NaOH
- Sales de Mg
- Deshechos industriales
- Barnices
- Lacas
- Azúcar de caña
- Sirope de maíz
- Cervezas
- Bebidas gaseosas
- Vinos
- Whisky

6.9 ENSAYO DE LA PERLITA COMO COADYUVANTE.

Como se enfatizó anteriormente, los coadyuvantes ayudan en los procesos de filtración.

En el país son varias las fábricas que hacen uso de ellos; para probar la perlita en ese campo, se hicieron pruebas con muestras industriales; estas fueron: Aceite vegetal de la Fábrica El Dorado y el jarabe simple de azúcar de Embotelladora La Cascada.

6.9.1 CLARIFICACION DE ACEITE VEGETAL.

La Fábrica de aceite El Dorado, usa como coadyuvante en la planta blanqueadora del aceite, Dicalite y emplea un promedio de 150 lbs. diarias.

METODOLOGIA.

Por Batch de 100 qq de aceite, se agregan 90 lbs. de tierras blanqueadoras (Diatomita o Bentonita) y 10 lbs. de Dicalite como coadyuvante, se calienta a 180°C , con agitación constante y un vacío de 25 lbs/pulg^2 , se enfría a 120°C , y luego es bombeado a través de un filtro Prensa de Platos. Sin usar coadyuvante el tiempo de filtrado es de una hora; con el uso de Dicalite el tiempo se reduce a 36 minutos.

La perlita expandida salvadoreña fue sometida a prueba como coadyuvante en la Planta Blanqueadora de la Fábrica de aceite El Dorado, usando 10 lbs. de perlita malla mayor de 200 y 90 lbs. de tierras blanqueadoras, un batch de 100 qq de aceite vegetal no clarificado, se sometió al proceso descrito anteriormente obteniéndose un tiempo de filtrado de 39 minutos.

6.9.2 RESULTADOS OBTENIDOS

VALORES DEL TIEMPO DE FILTRADO PARA UN BATCH DE 100 qq DE ACEITE VEGETAL.

<u>Mezcla</u>	<u>Tiempo de Filtrado.</u>	<u>% de Reduccion</u>
Sin coadyuvante sólo tierra blanqueadora	1 hora	----
Con coadyuvante Dicalite	36 minutos	40
Con perlita salvadoreña como coadyuvante	39 minutos	35

6.9.3 FILTRACION DE JARABE SIMPLE DE AZUCAR DE EMBOTELLADORA LA CASCADA.

En la actualidad existen varias formas de filtrar y tratar el - azúcar que se utiliza para preparar jarabe simple, de tal forma que éste sea aceptable para ser usado en la preparación de jarabe terminado y refrescos gaseosos.

En la Embotelladora La Cascada se emplea "La filtración sencilla" usando coadyuvante y carbón activado.

METODOLOGIA.

En vista de que el azúcar contiene impurezas que promueven la -- formación de coloides en suspensión cuando se disuelve, se hace necesario el uso de un coadyuvante (Diatomita) Hy-Flo Supercel y de carbón activado, DARCO S-51.

El método de tratamiento para cada Batch es el siguiente:

- a) En un tanque de mezcla, se colocan 560 galones de agua previamente tratada.
- b) Se añaden 57 quintales de azúcar refinada y se agita para di-- solverla.

- c) Se agregan 25 libras de carbón activado que equivalen a 0.43% del peso de azúcar a usarse por batch.
- d) A continuación se le agregan 50 lbs. de Celite-Hy-Flo Supercel que equivale al 0.86 % del peso de azúcar que se va a disolver y se agita durante 1 hora.
- e) Mientras tanto se hace la precapa en el filtro con una solución de 10 lbs de Celite y 50 galones de agua, luego se procede a filtrar la solución.

En esta empresa la clarificación es medida únicamente por observación visual.

PRUEBA DE LABORATORIO.

Se hicieron pruebas con una muestra de jarabe proporcionada por La Cascada; siguiendo los métodos recomendados (parte 6-7).

EQUIPO EMPLEADO.

Bomba de vacío $p = 20 \text{ lbs/pulg}^2$

Embudo Buchner de área = 0.075 p^2

Papel filtro Watman 42

Espectrofotómetro Perkin - Elmer modelo 295 E

En estos ensayos se mantuvieron las mismas relaciones usadas en la embotelladora.

Para un volumen de 100 mls. se usó:

Precapa = 3.405 grs.

Coadyuvante = 0.605 grs.

Carbón activado = 0.302 grs.

Las propiedades a compararse fueron la velocidad y la clarificación; para medir la clarificación se usó el Espectrofotómetro, - para una longitud de onda = 420 nm. correspondiente al color amarillo, tomándose como referencia el agua destilada y como standard de comparación, el jarabe sin tratar.

El análisis granulométrico del Hy-Flo Supercel es 5 % retenido - en malla 150; para la perlita se usó la misma granulometría.

6.9.4 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos en las pruebas efectuadas son presentadas en las tablas Nº 15 y 16.

6.9.5 DISCUSION DE RESULTADOS.

Como se puede observar en los resultados obtenidos usando perlita expandida como coadyuvante, en la clarificación del aceite, - esta se comporta como buen coadyuvante, y la diferencia entre ésta y el Dicalite usado por la Fábrica es solamente un 5% menor - en la reducción del tiempo de filtrado que el logrado con el coadyuvante industrial. En esta prueba sólo se tomó como parámetro - de comparación, el tiempo de filtrado; la claridad del aceite se obtiene por el empleo de tierras blanqueadoras.

En la clarificación de los jarabes de azúcar, se nota que la velocidad de filtrado aumenta al emplear perlita, pero la clarificación es menor que usando Diatomita.

TABLA Nº 15 RESULTADOS OBTENIDOS PARA FILTRAR 100 ml. DE JARABE

Parámetro	Jarabe, Diatomita y Carbón activado	Jarabe, Perlita y Carbón activado	Jarabe
Tiempo (minutos)	10	7.53	---
Absorbancia	0.017	0.025	0.095
Tramitancia (%)	96	94.5	80.2

TABLA Nº 16 RESULTADOS OBTENIDOS PARA FILTRAR JARABE EN 5 MINUTOS

Parámetro	Jarabe, Diatomita y Carbón activado	Jarabe, Perlita y Carbón activado	Jarabe y Perlita	Jarabe
Volumen (ml)	42.5	75	75	
Absorbancia	0.015	0.017	0.04	0.095
Tramitancia (%)	97	96	91	80.2

7.0 EVALUACION DEL MINERAL PERLITA COMO ADSORBENTE.

La adsorción es un fenómeno que tiene lugar en la superficie de separación de dos fases; algunos materiales tienen la propiedad de retener sobre su superficie, partículas líquidas, sólidas o gaseosa.

7.1 ADSORBENTES INDUSTRIALES.

En general, los adsorbentes son sólidos, porosos, de gran superficie y los más activos son amorfos. A pesar de estas propiedades generales, no es posible dar normas concretas que permitan predecir si un cuerpo será o no un buen adsorbente.

Su forma física es granular o pulverulenta, su tamaño varía entre 0.5 a 20 mm. para hacer mayor la permeabilidad se recomienda trabajar con tamaño de partícula uniforme. Cuando el lecho es estático, el tamaño máximo del adsorbente viene fijado en cierto modo por el de la columna en la que va situado así:

$$\frac{\text{Diámetro de partícula}}{\text{Diámetro de columna}} < 0.1$$

Para evitar formación de irregularidades de distribución del fluido, las partículas granulares del adsorbente deben ser resistentes, indeformables y no hincharse por el contacto con el líquido a emplear.

Los adsorbentes usados, generalmente son compuesto orgánico o inorgánicos que contienen oxígeno; son hidrofílicos con una alta capacidad para adsorber agua y una ligera tendencia para adsorber sustancias no polares y no son semejantes en actividad o en capacidad para adsorber solutos.

7.2 CLASIFICACION INDUSTRIAL DE LOS ADSORBENTES.

- a) Carbones (vegetales o animales), la activación de estos productos consiste en eliminar de sus poros las materias adsorbidas durante la carbonización. Esto se consigue, bien carbonizando primeramente la madera y sometiéndole luego a la acción del CO_2 o con vapor de agua a $800 - 1000^\circ\text{C}$.
- b) Tierras, comprende las tierras de Batan o de Almeria, las bentonitas y otras tierras arcillosas. Se han de incluir aquí -- también las bauxitas, megnesitas etc., convenientemente preparadas, como las anteriores.
- c) Geles inorgánicos, como la sílice, alumina y otros. (21).

7.3 METODOS PARA EFECTUAR LA ADSORCION. (18, 22)

Tanto en el laboratorio como industrialmente, la adsorción puede llevarse a cabo:

- a) Por contacto, el adsorbente es agregado a la disolución, agitando, luego es separado del líquido por centrifugación, filtración etc.
- b) Por percolación, la solución a tratar es pasada a través de un lecho adsorbente de forma granular, que debe poseer ciertas -- propiedades mecánicas para conservar su forma y mantenerse fijo.

En la evaluación de un adsorbente es necesario cuantificar, antes y después, el adsorbato contenido en la solución a tratar; estas pruebas se realizan en columnas verticales cilíndricas y se hacen por lo general por la acción de la gravedad.

Las variables de la adsorción por percolación influyen en el funcionamiento industrial, del modo siguiente:

- 1- Cuanto más alta sea la columna de tierra, tanto mejor será la decoloración, y cuanto mayor sea el diámetro, mayor será la -- cantidad que puede decolorarse en la unidad de tiempo.
- 2- Cuanto más fino sea el material empleado, más pequeña será la columna.
- 3- Cuanto mayor sea la viscosidad, mayor será el tiempo necesario para la adsorción.
- 4- Para obtener un rendimiento máximo, se debe tener una baja viscosidad.

Este proceso de percolación siempre es discontinuo, ya que es necesario cambiar periódicamente el material gastado.

Cuando se trabaja con soluciones líquidas para determinar las concentraciones iniciales y finales se pueden seguir varias formas:

- I - Por colorimetría y conductimetría
- II - Por análisis químico

7.4 CARACTERISTICAS DE LOS ADSORBENTES.

Un buen adsorbente debe cumplir los siguientes requisitos:

- a) Debe ser insoluble en el solvente para prevenir disolución en la columna, el líquido pasa por el lecho adsorbente; los químicamente inertes son los más usados, como el carbón, alumina y silicatos complejos.
- b) No debe interactuar, excepto por el mecanismo de adsorción, -- con el solvente o el soluto; es necesario conocer algunos constituyentes de la muestra para poder seleccionar un adsorbente

que no interactúe con ellos.

Reacciones de precipitación se presentan algunas veces cuando los solutos son iones metálicos; puesto que algunos adsorbentes son agentes secantes y catalizadores muy eficientes.

- c) Los adsorbentes no necesitan ser blancos o incoloros aunque es una característica deseable.

El fenómeno de adsorción es una solución efectiva para solutos coloreados.

- d) Para obtener una velocidad aceptable, las propiedades físicas del adsorbente son determinantes, tales como tamaño de la partícula, área superficial del adsorbente, para que el solvente atraviese el lecho adsorbente. Al utilizar tamaño de partícula muy pequeña se presenta el problema, de que la fuerza de -- gravedad debe de ser suplementada con una diferencia de presión entre los extremos de la columna para acelerar la velocidad del flujo.

- e) El costo del adsorbente es valor importante en esta operación, debe tener un valor tal que pueda ser desechado en una sola -- aplicación. Este valor tiene importancia cuando grandes cantidades de adsorbentes puros son requeridos con relación a las -- cantidades de solutos. (23).

7.5 ENSAYOS DEL MINERAL PERLITA COMO ADSORBENTE.

En la clasificación de los adsorbentes industriales se mencionan -- los compuestos de sílice. La perlita expandida del yacimiento El Rosario tiene un alto contenido de sílice y es porosa, por lo que se decidió efectuar las siguientes pruebas de adsorción para comprobar su calidad adsorbente.

7.5.1 METODOLOGIA.

Para determinar la capacidad de adsorción del material perlita se empleó el método de percolación, evaluando las concentraciones de las soluciones antes y después de ser tratadas, para esto se usaron métodos colorimétricos; las pruebas fueron realizadas a velocidad de flujo constante y la absorbancia fue determinada a volúmenes iguales de líquido recolectado.

EQUIPO.

Columna cromatográfica

Espectrofotómetro Perkin Elmer Modelo 295 E

Probetas de 100 ml.

Tubos de ensayos

REACTIVOS Y MATERIALES.

I - Soluciones de
Cristal Violeta = 1% P/V 1 mililitro en un litro de agua destilada.

Absorbancia de Solución 0.68

II - Azul de Metileno = 1% P/V 1 mililitro en un litro de agua destilada.

Absorbancia de Solución 0.69

Carbón activado Culler - D

Soporte de lana de vidrio (dos centímetros).

7.5.2 RESULTADOS OBTENIDOS

PRUEBA NO 1

Material	Perlita expandida
Cantidad	40 gr -malla - 100/200
Solución	Cristal violeta 1% P/V
Longitud de Onda	607 nm.
Absorbancia Solución	0.68

Volumen Acumulado (ml)	Absorbancia
50	0.08
100	0.016
150	0.043
200	0.035
250	0.038
300	0.042
350	0.053
400	0.055
450	0.158
500	0.25
550	0.358
600	0.45
650	0.51
700	0.63
750	0.64
800	0.64
850	0.645

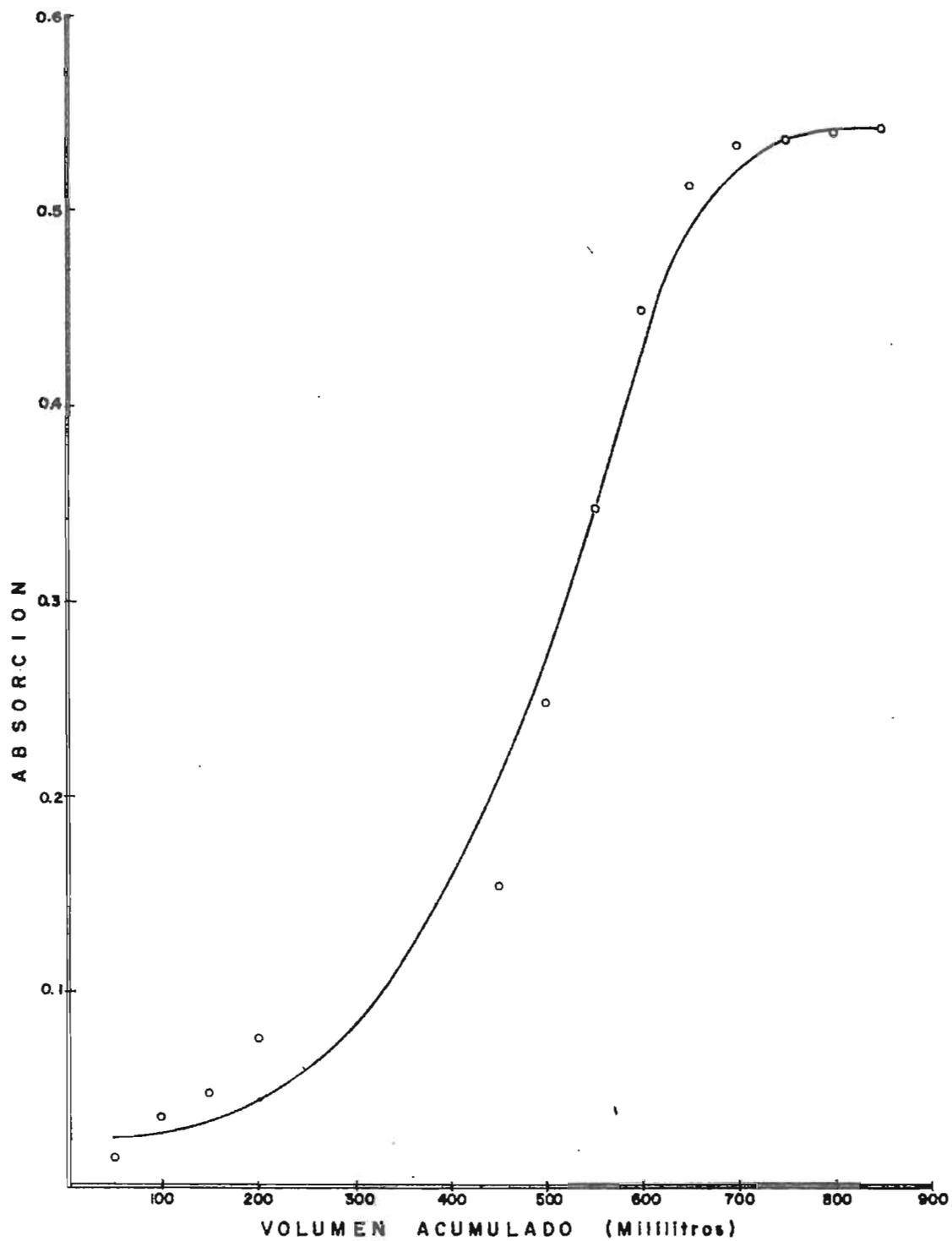


FIG. N° I-A CURVA DE ABSORBANCIA Vrs. VOLUMEN ACUMULADO
(Prueba N° I)

PRUEBA Nº 2

Material Perlita expandida
Cantidad 40 grs.-malla - 100/200
Solución Azul de metileno 1% P/V
Longitud de Onda 607 nm.

Volumen Acumulado (ml)	Absorbancia
50	0.01
100	0.011
200	0.02
400	0.01
500	0.008
600	0.01
700	0.009
800	0.01
900	0.013
950	0.011
1000	0.019
1050	0.019
1100	0.018
1150	0.079
1200	0.14
1250	0.16
1300	0.28
1350	0.32
1400	0.40
1450	0.43
1500	0.59
1550	0.60
1600	0.62
1650	0.62

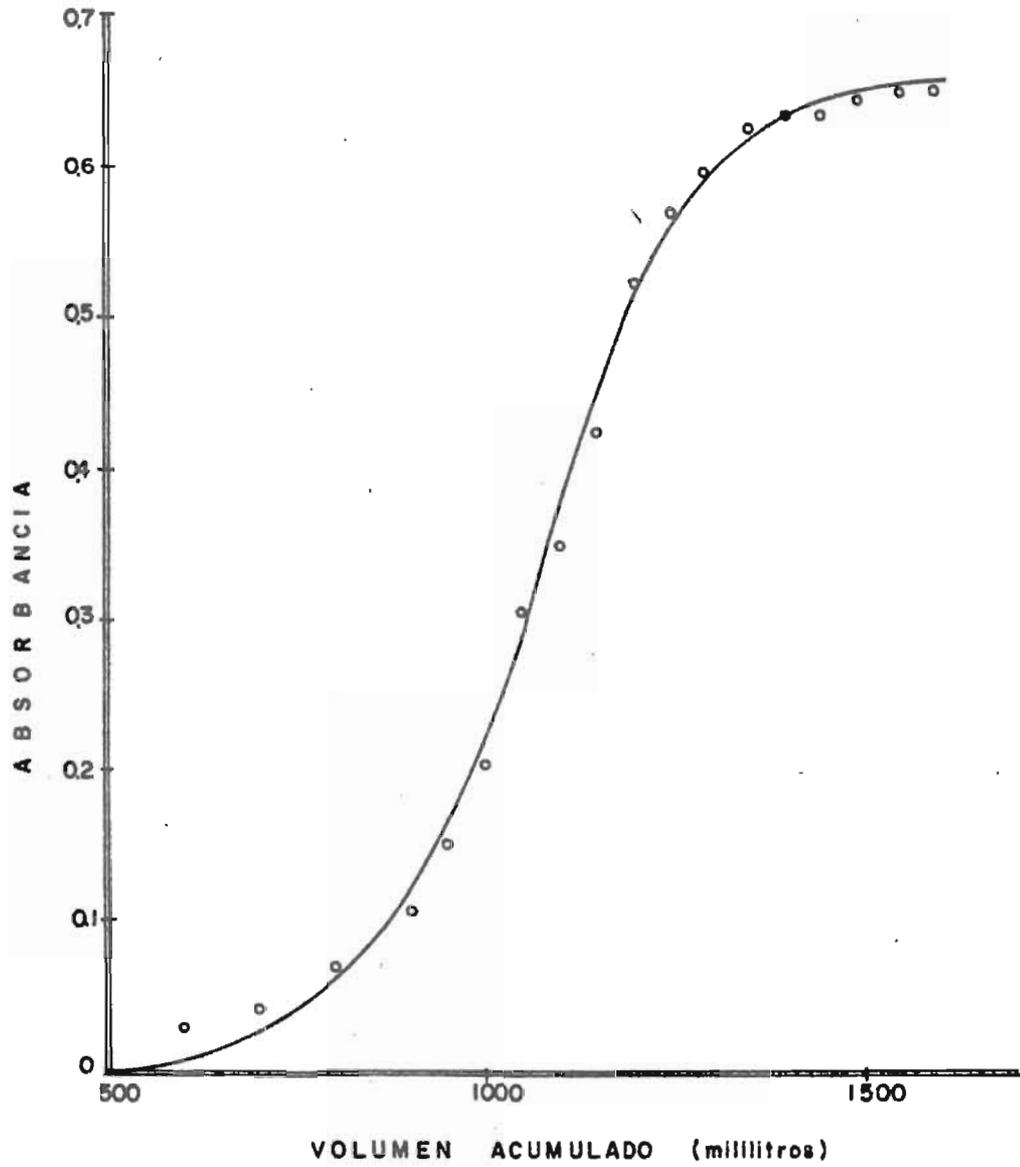


FIG. Nº 2-A CURVA DE ABSORBANCIA Vrs. VOLUMEN ACUMULADO
(PRUEBA Nº 2)

PRUEBA Nº 3

Material	Perlita expandida
Solución	Cristal violeta 1% P/V
Cantidad	20 gr - malla - 100/200
Longitud de Onda	607 nm.

Volumen Acumulado (ml)	Absorbancia
50	0.002
100	0.001
150	0.0425
200	0.0325
250	0.06
300	0.08
400	0.1
450	0.221
500	0.4
550	0.49
600	0.6
650	0.67
700	0.672

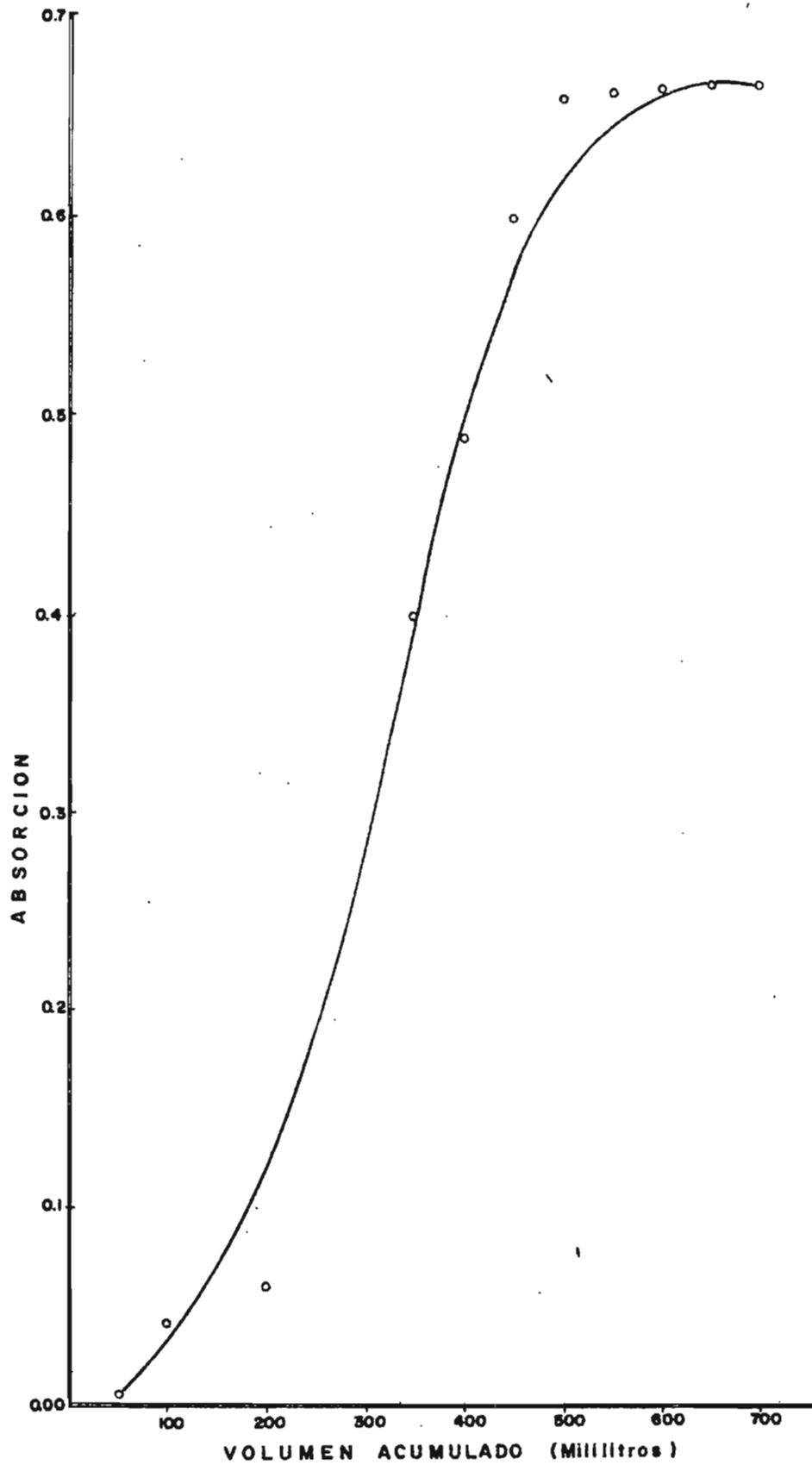


FIG. N°3A CURVA DE ABSORBANCIA Vrs. VOLUMEN ACUMULADO
(Prueba N°3)

PRUEBA Nº 4

Material	Perlita expandida
Cantidad	20 gr -malla - 200/325
Solución	Cristal violeta
Longitud de Onda	607 nm.

Volumen Acumulado (ml)	Absorbancia
50	0.01
100	0.02
150	0.0049
200	0.017
250	0.012
300	0.030
350	0.048
400	0.062
450	0.125
500	0.32
550	0.325
600	0.42
650	0.44
700	0.448
750	0.45
800	0.455

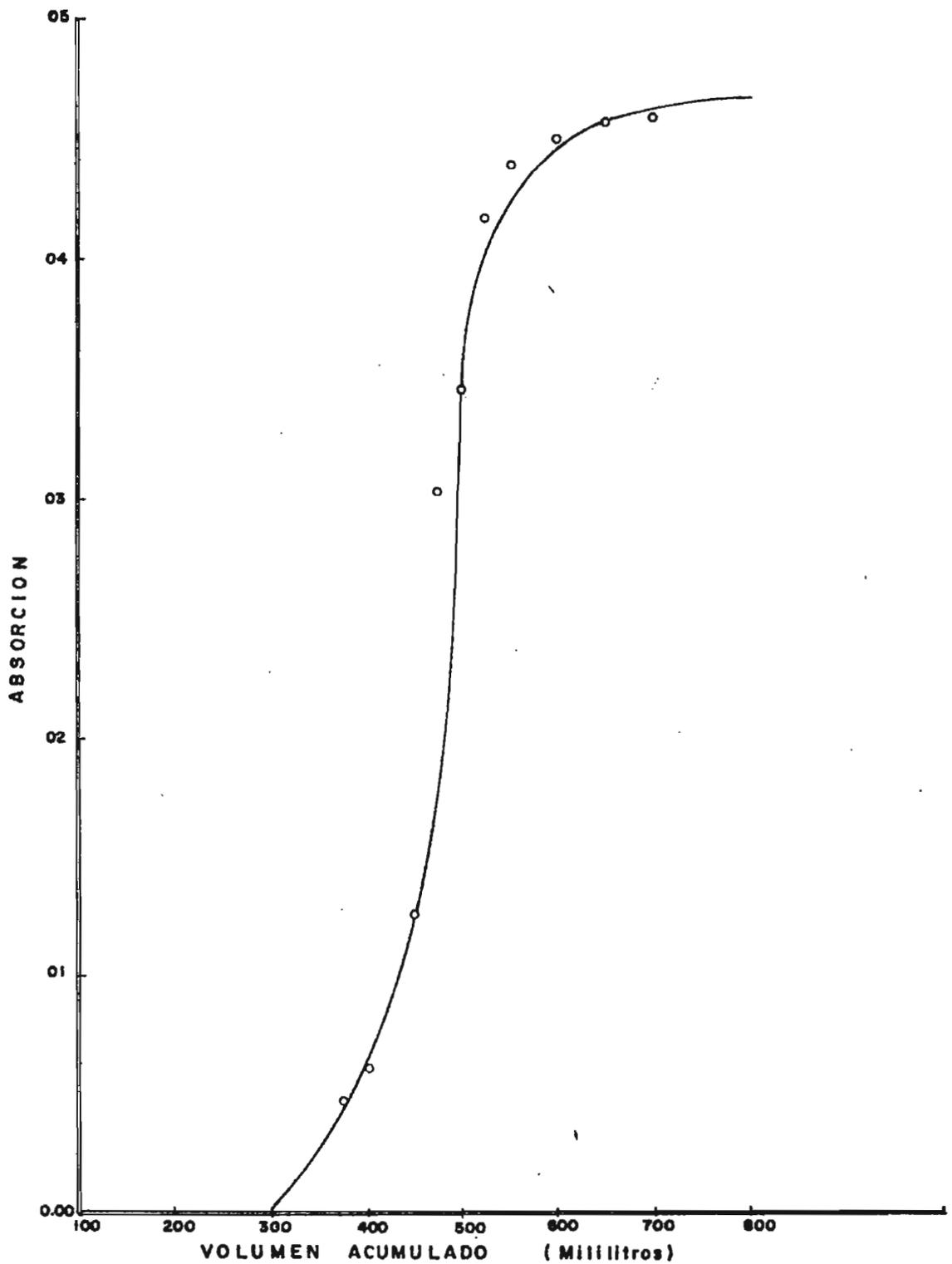


FIG. 4A- CURVA DE ABSORBANCIA Vrs. VOLUMEN ACUMULADO
(Prueba N° 4)

PRUEBA Nº 5

Material	Perlita expandida
Cantidad	20 gr - malla- 100/200
Solución	Azul de metileno 1% P/V
Longitud de Onda	607 nm.

Volumen Acumulado (ml)	Absorbancia
100	0.003
200	0.06
300	0.025
400	0.01
500	0.01
600	0.028
700	0.038
800	0.069
900	0.105
950	0.15
1000	0.203
1050	0.306
1100	0.350
1150	0.45
1200	0.525
1250	0.57
1300	0.59
1350	0.625
1400	0.635
1450	0.63
1500	0.64
1550	0.65
1600	0.65

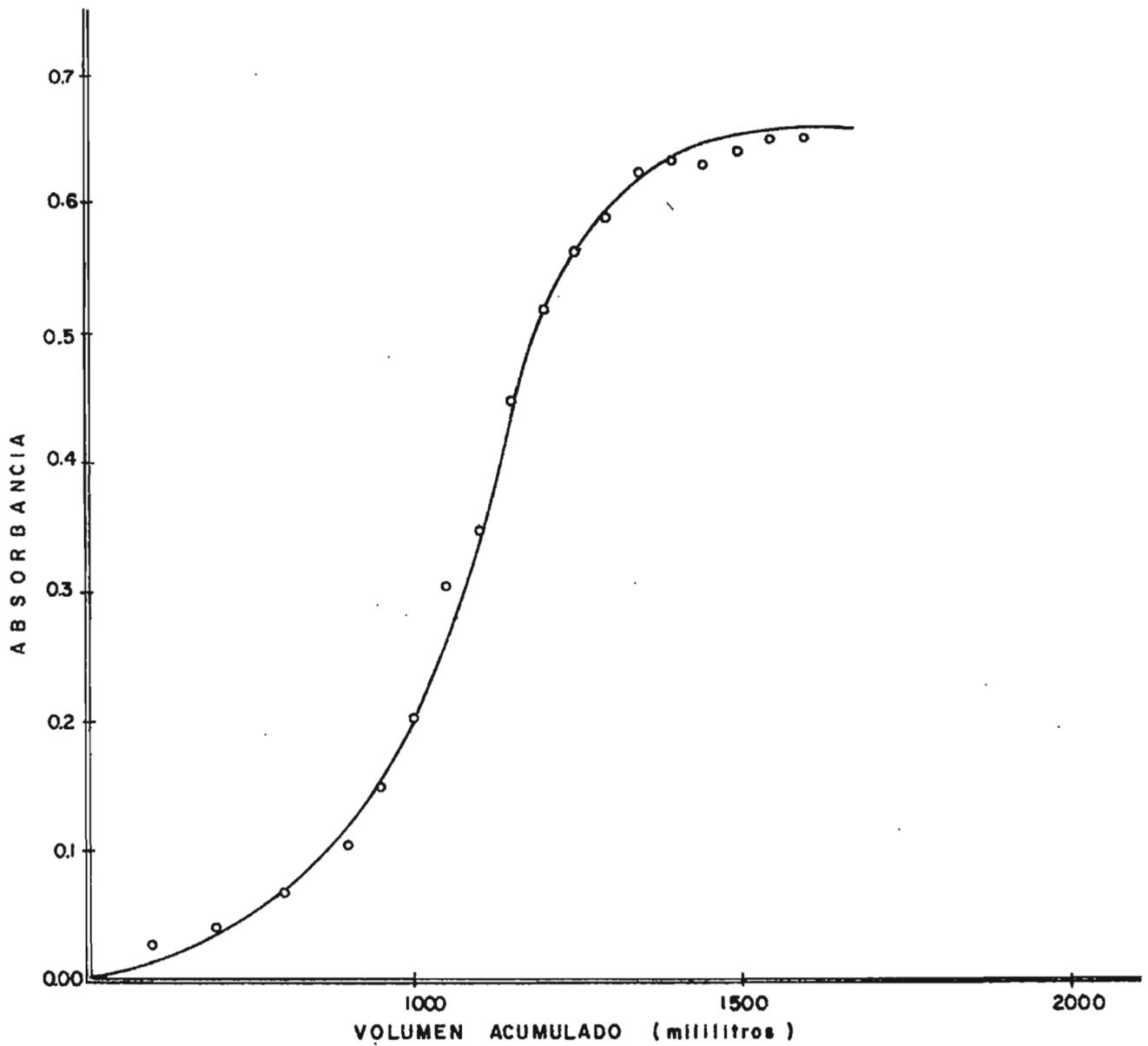


FIG. N° 5-A CURVA DE ABSORBANCIA Vrs. VOLUMEN ACUMULADO
(PRUEBA N° 5)

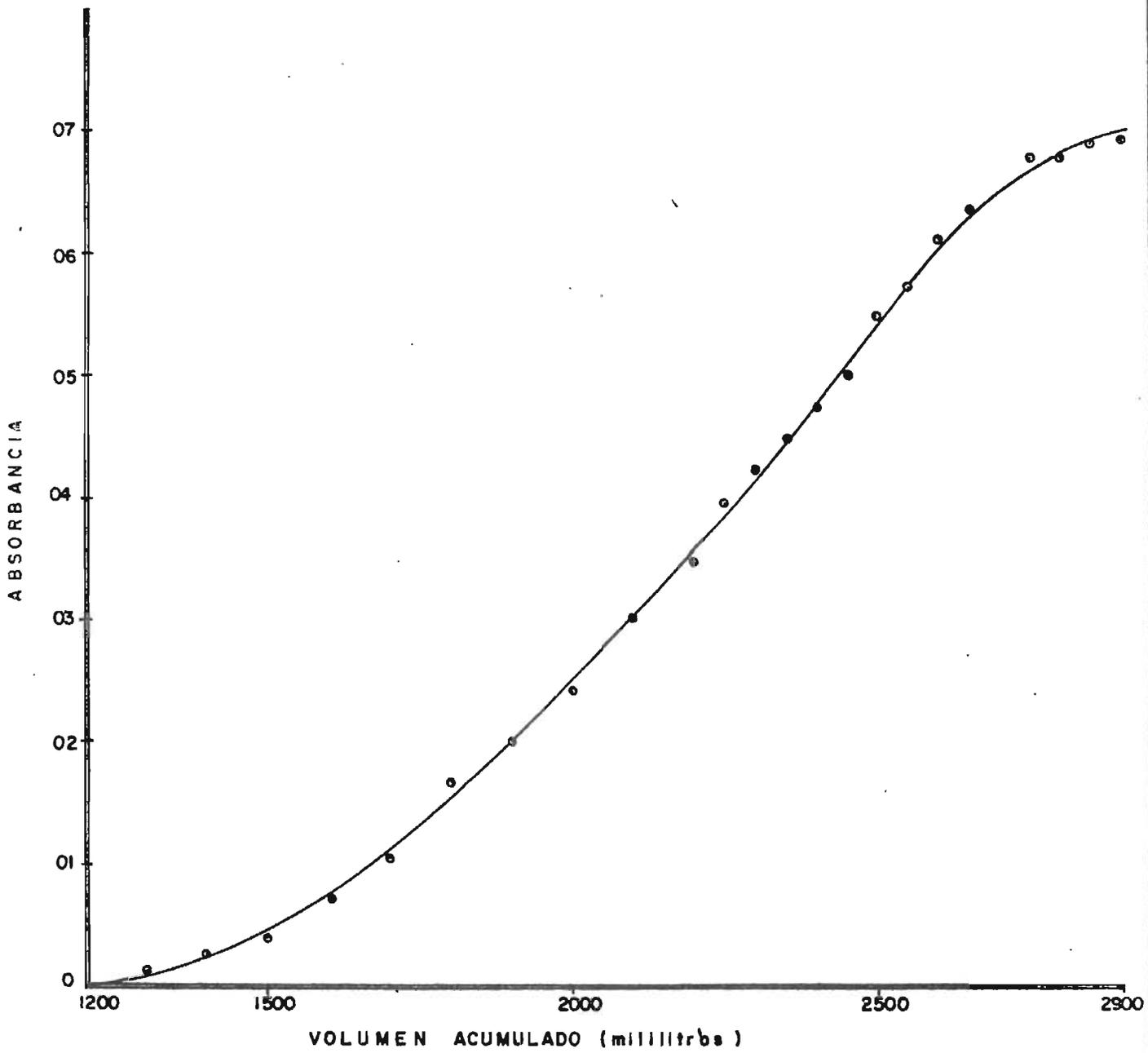


FIG. N° 6-A CURVA DE ABSORBANCIA Vrs. VOLUMEN ACUMULADO
(PRUEBA N° 6)

TABLA Nº 17 COMPARACION DE VELOCIDAD PARA DIFERENTES GRANULOMETRIAS Y PESOS

Nº Prueba	Adsorbente	Solución	Malla	Cantidad(grs)	Velocidad ml/hr.
1	Perlita	A	100/200	40	16
2	Perlita	C	100/200	40	15.2
3	Perlita	A	100/200	20	25.8
4	Perlita	A	200/325	20	4.5
5	Perlita	C	100/200	20	26.5
6	Carbón Activado	A	100/200	20	10.1

A = Azul de Metileno

C = Cristal Violeta

TABLA Nº 18 CONDICIONES DE OPERACION EN LAS COLUMNAS CROMATOGRAFICAS

Prueba Nº	Material	Cantidad (gr)	Altura Inicial (cm)	Altura Final (cm)
1	Perlita	40	25	22.3
2	Perlita	40	25	23.8
3	Perlita	20	9	8.5
4	Perlita	20	9	8.7
5	Perlita	20	10.0	10.0
6	Carbón Activado	20	10.0	9.4

7.5.3 DISCUSION DE RESULTADOS.

Es posible seguir cualitativamente el mecanismo por el cual el proceso de adsorción es desarrollado. Si consideramos por ejemplo, que la isoterma típica de adsorción (Figura 6-A) para carbón activado, sigue la ecuación propuesta por Freundlich

$$m = KC^{1/n}$$

Donde

m = Cantidad de soluto adsorbido por unidad de masa adsorbente.

C = Concentración en equilibrio de soluto

K = Constante característica del sistema soluto-solvente-adsorbente.

n = Constante característica del sistema cuyo valor usualmente está entre 1 y 2.

En la práctica se ha encontrado que la ecuación propuesta por Freundlich, funciona bien en los casos de adsorción de líquidos o solutos de soluciones líquidas, por sólidos.

- 1- Al observar los gráficos 1-A a 5-A, se nota que el material perlítico se comporta como un adsorbente. Presenta selectividad para el azul de metileno ya que en las columnas que se usó éste, el volumen decolorado es mayor que en las que se usó cristal violeta.
- 2- Comparando la prueba N° 1 con la N° 3 vemos que cuanto mayor sea la columna de perlita, tanto mejor será la decoloración de la solución, lo cual es de esperarse en un buen adsorbente.

- 3- Un incremento en el tamaño de la partícula produce velocidades de flujo mayores (Pruebas Nº 3 y Nº 4).
Para partículas de tamaño pequeño se obtienen velocidades lentas de flujo (Tabla Nº 17), lo que no es deseable que suceda en un proceso de adsorción.
- 4- En los resultados de las pruebas Nº 5 y Nº 6, se puede ver claramente que el carbón activado tiene un poder adsorbente mayor que el de la perlita.
- 5- Según los resultados presentados en la Tabla Nº 18, la perlita cumple con la característica de un buen adsorbente que es la de no aumentar su volumen al contacto con el líquido.
- 6- Con el objeto de obtener velocidades mayores de flujo, se puede aplicar diferencias de presión en las columnas.

8.0

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La evaluación experimental de las propiedades industriales de la perlita expandida, dió los resultados presentados en las secciones anteriores y un análisis de estos proporciona un estimado general del comportamiento de la perlita expandida para cada uno de los fines propuestos, tomando en cuenta las limitaciones de material ya expandido con que se contó para la realización de los ensayos. Considerando entonces, la importancia de sintetizar los resultados obtenidos, se presentan a continuación las conclusiones generales del trabajo realizado y se plantean luego algunas recomendaciones que dejan el campo abierto a futuras investigaciones.

8.1 CONCLUSIONES

a) COMO AISLANTE TERMICO

La conductividad térmica del mineral perlita ya expandido, varia en forma directa con la densidad volumétrica de la mezcla. La perlita expandida de El Rosario, puede tener una gran aplicación en la industria de la construcción, donde se usan concretos aislantes livianos. Estos concretos de baja densidad volumétrica no podrán ser muy resistentes a la compresión, por lo que deberán ser usados en lugares que no estén cargados estáticamente, como en el caso de rellenos para paredes intermedias, aislantes para techos y aislantes de equipos que no estén sometidos a grandes tensiones.

b) PIGMENTO EN PINTURAS

El mineral perlita de El Rosario no tiene aplicación como pigmento en pinturas, ya que según las pruebas efectuadas no cumple las especificaciones exigidas para ser considerado como tal.

Este material podría ser utilizado como pigmento pero no el sólo, sino tal vez mezclado con otro mineral similar, ya que el empleo de un pigmento con elevada absorción de aceite (caso de la perlita) - da por resultado revestimientos porosos que tienen dificultad de lavado y generalmente mala integridad de la película.

c) COADYUVANTES

En general podemos decir que la perlita expandida tiene un comportamiento aceptable como coadyuvante en filtraciones, y que este -- puede mejorarse dándole un tratamiento adecuado que habría que investigar, ya que dicho tratamiento es diferente y propio de cada fábrica productora de coadyuvantes industriales.

d) ADSORBENTES

El material de perlita expandida muestra el comportamiento típico de un absorbente, y podría ser usado como sustituto del carbón activado cuando no se necesite una alta calidad decolorante y se requiera incrementar la velocidad del flujo.

En procesos que se realizan por acción de la gravedad no se debe usar tamaño fino de partículas, ya que estos dan una baja velocidad.

Pruebas de desorción con agua no se recomiendan ya que la cantidad

que se necesita, es muy grande por lo que no se considera práctico ni económico.

Debido a su abundancia, la perlita inflada podrá ser utilizada - en procesos de adsorción que requieran grandes cantidades de material adsorbente o en procesos en los cuales exista contaminación y sea necesaria la completa sustitución del mismo.

e) VENTAJAS DE SU UTILIZACION.

Se enumerarán algunas ventajas que traería al país el aprovechamiento industrial de un recurso natural como es la perlita:

- 1- Desarrollo Industrial
- 2- Ocupación de mano de obra
- 3- Ahorro de divisas por la no importación de materiales similares.
- 4- Obtención de divisas por materiales exportables.

8.2 RECOMENDACIONES

En base a las conclusiones antes expuestas se hacen las siguientes sugerencias, con el fin de que sean tomadas en cuenta en futuras investigaciones:

- 1- Investigar las propiedades de otros yacimientos de este mineral, pues se podría encontrar perlita de mejor calidad que la investigada; ya que la composición química de la perlita de El Rosario está en el límite inferior de los valores exigidos internacionalmente para las perlitas expandidas.

- 2- En vista de que la planta de inflado de perlita más próxima a nuestro país se encuentra en Méjico, es recomendable la construcción a nivel de planta piloto de un horno que permita el inflado del mineral.
- 3- Se hace necesario efectuar pruebas mezclando perlita con yeso u otro conglomerante para conocer su comportamiento en cuanto a resistencia mecánica y propiedades aislantes.
- 4- El estudio de concreto aislante de perlita debe ser ampliado ya que en nuestro país, el mercado de materiales aislantes para la construcción no está muy desarrollado y dado el potencial de explotación con que cuenta el yacimiento de El Rosario, vendría a significar su explotación industrial una gran ayuda en la fabricación de nuevos y variados productos para la construcción que en nuestro medio son tan necesarios.
- 5- También la propiedad de la perlita expandida como coadyuvante en filtración, debe ser investigado más a fondo ya que esta característica es de gran importancia y al ser posible lograr se su utilización en este campo, seríamos los únicos en Centroamérica que explotariamos el mineral, contándose con un gran mercado ya que los sectores que demandan coadyuvantes en los cuales se utiliza o podría utilizarse perlita para filtro, son grandes y hasta hoy toda esta perlita utilizada como coadyuvante es importada, casi sin excepción de Estados Unidos y Méjico.
- 6- A la Escuela de Ingeniería Química, recomendamos implementar, un seminario de graduación integrado con alumnos de la Escuela de Ingeniería Mecánica que trate sobre el diseño y construcción de un horno tipo laboratorio para el inflado del mineral perlita.

GLOSARIO.

- ADITIVO: Sustancia que se agrega a la pintura en pequeñas cantidades, con el fin de impartir una determinada característica.
- ALUMEL: Aleación de 94% níquel, 3% manganeso, 2% de aluminio y 1% de silicio.
- ANDESITA: Roca volcánica compuesta esencialmente -- por andecina y uno o más constituyentes -- ferromagnesianos, son de color oscuro.
- ANDECINA: Mineral de fórmula $(Na, Ca) Al (Si Al) Si_2O_8$, es una solución sólida de $NaAlSi_3O_8$ (albita) y $CaAl_2SiO_8$ (anorthita).
- BAFFLE: Placa protectora de los elementos del filtro, que da una buena distribución del -- flujo.
- BASALTO: Roca volcánica efusiva básica, negra. Está compuesta esencialmente de feldespatho con augita, aluminio y augita.

- BIOTITA:** Mineral monoclinico del grupo de las micas, pardo negrusco, frecuentemente con brillo anacarado.
- CAOLIN:** Arcilla formada principalmente por silicatos de aluminio.
- CAUTIN:** Conjunto de resistencias eléctricas ensambladas en una cubierta metálica. Está diseñado para obtener diferentes temperaturas.
- CICLO:** Intervalo de filtración. Es el tiempo que opera el filtro antes de su limpieza.
- CRISTALITA:** Elemento microscópico de algunas rocas. Puede considerarse como una forma intermedia entre la amorfa y el cristalino.
- CRISTOBALITA:** Mineral de SiO_2 tetragonal, trimorfo con cuarzo y tridimita. A temperatura alta su forma es isométrica.
- CHROMEL:** Aleación de 90% níquel y 10% cromo.

- COMPRESIBILIDAD: Grado de cambio físico en la torta, cuando es sometida a presión.
- DACITA: Es el equivalente del extrusivo del cuarzo-deorita. Sus principales minerales son: plagioclasa, cuarzo piroxenos u hornblenda o ámbos. Se puede presentar como fenocristales; como vidrio o como masas de feldespatos y minerales finamente cristalizados.
- DEORITA: Roca plutónica constituida por plagioclasas u hornblenda, biotita o piroxenos.
- DEVITRIFICACION: Es el cambio de un estado vítreo a cristalino después de la solidificación.
- DIATOMITA: Roca silicea de origen sedimentario; que consiste principalmente de fósiles de infusorios.
- ESFERULITAS: Elemento de ciertos pórfidos en que la materia confusamente cristalizada forma glóbulos, cuyas zonas concéntricas están constituidas por sustancia amorfa.

- EXTRUSIVAS:** Se aplican a aquellas rocas ígneas derivadas del magma o materiales magmáticos, -- que han fluido hacia afuera o han sido inyectados a la superficie terrestre.
- FACTOR QUIMICO:** Es la relación del peso molecular del elemento buscado al peso molecular del elemento encontrado.
- FAYALITA:** Fórmula ($\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$), forma con la forsterita ($\text{Mg}_2 \text{SiO}_4$), la olivina.
- FELDESPATOS:** Grupo de minerales formadores de rocas. Son derivados de la sílica y muy abundantes.
- FELDESPATOIDES:** Nombre dado a algunos minerales que son aluminosilicatos de Na, K, Ca, que son similares a los feldespatos; pero contienen menos sílica que los feldespatos corrientes.
- FENOCRISTALES:** Término aplicado a rocas ígneas con cristales grandes y ordinariamente visibles.

- FISURA:** Es un corte, quiebre o fractura extensa - en la roca.
- GRADO:** Mezcla formada por diferentes tamaños de partículas.
- GRANITO:** Es la más difundida e importante roca eruptiva. Esencialmente está constituida por - una mezcla granulosa de tres minerales: feldespatos cuarzo y mica.
- HEMATITA:** Es un mineral exagonal rómbico, principal derivado del hierro. Su composición es -- Fe_2O_3 .
- HORNBLENDA:** Es un mineral del grupo de los anfíboles. Su composición es: $(Ca Na)_3 Mg Fe$.
- HILMENITA:** Mineral exagonal rómbico, principal derivado del titanio. Su fórmula es $Fe TiO_3$.
- INTRUSIVA:** Un fluido que penetra en o entre varias - rocas; pero que se solidifica antes de al canzar la superficie.

- LATITA:** El equivalente extrusivo de la monsonita y una variedad de la traquiardesita en la cual el feldespató de potásio y la andesina están presentes.
- LITOFITA:** Son esferulitas grandes, como agujeros, - en forma de burbujas, usualmente con una estructura radial y concéntrica que se -- encuentran en ciertas riolitas, obsidianas y otras rocas semejantes.
- LLAMA:** Puede ser oxidante (azul) o reductora (anaranjada) según sean las condiciones apropiadas para obtener el elemento a analizar en un estado atómico.
- Estas condiciones se obtienen regulando - adecuadamente los flujos de gases al nebulizador quemador.
- Es en ella donde ocurre la absorción de radiación por los átomos, es decir la absorción atómica.
- LONGITUD DE ONDA:** Se refiere a la longitud de onda seleccionada por el monocromador de la rejilla de difracción mediante el control apropiado.

Las longitudes de onda adecuadas para un elemento son aquellas en que el elemento emite, y por lo tanto absorbe radiación - electromagnética.

MAGMA: Masa formada por rocas fundidas que se encuentran en bolsas en el interior de la corteza terrestre.

MAGNETITA: Mineral de hierro del grupo Fe^+ isométrico negro, comunmente octahédrico. Frecuentemente es un mineral de las rocas ígneas.

MICROLITA: Un mineral isométrico de fórmula $(Ca, Na)_2 (Ti, Nb)O_6 (OH, F)_2$.

MICA: Grupo mineral consistente de filosilicatos con una estructura laminada. La fórmula general es: $(K, Ca, Na) (Mg Fe Li Al)_{2-3} (Al Si)_4 O_{10} (OH F)_2$.

NEBULIZADOR-QUEMADOR: Es el dispositivo del aparato de absorción en el cual se nebuliza (formación de gotas finísimas) la solución a analizar y se mezcla con los gases oxidantes y combustible (en el presente caso aire y

acetileno respectivamente) para luego pasar a la llama.

OBSIDIANA:

Forma vítrea en que se presentan varias rocas volcánicas; generalmente son negras o de color gris. La mayoría son de composición riolítica.

OPACIDAD:

Grado de obstrucción a la transmisión de la luz visible. En el campo de las pinturas no existe una sustancia absolutamente opaca.

PETROGRAFIA:

Es el estudio microscópico y físico de las características de las rocas.

PIGMENTO:

Pertículas sólidas finas usadas en la preparación de pinturas y que no son solubles en el vehículo, en el cual es usado.

POMEZ:

Lava volcánica excesivamente celular y vítrea, generalmente de composición riolítica.

- RANGO: Este control selecciona la rejilla de difracción apropiada para lograr la longitud de onda deseada; tiene dos posiciones: VIS (Visible) para $\lambda > 420$ mu. y UV - (Ultravioleta) para $\lambda < 420$ mu.
- RETINITA: Roca eruptiva, formada por una masa vítrea de color pardo y oliváceo.
- RIODACITA: El equivalente afanítico de un granodiorito.
- RIOLITA: Equivalente afanítico del granito.
- SLIT: Este control selecciona el ancho de la ranura del monocromador; o sea el ancho de banda del espectro electromagnético que será detectado por el fotomultiplicador.
- TRACITA: Roca extrusiva compuesta esencialmente de feldespatos albitos y una cantidad de biotita, hornblenda y piroxenos.
- TOBAS: Rocas formadas de componentes volcánicos,

con fragmentos de tamaño menor que 4 mm.
de diámetro.

VEHICULO: Porción líquida de una pintura.

VERMICULITA: Silicatos acuosos de Al, Mg y Fe princi--
palmente. Se caracterizan por su exfolia-
ción al calentarse.

VITROFIROS: Vidrio volcánico porfirítico.

BIBLIOGRAFIA

- 1- HOWELL, W., TURNER, J.F., GILBERT, C. "Petrografía, Introducción al estudio de las rocas" 1^a Edición, Centro Regional de ayuda técnica AID. Méjico 1968.
- 2- HAMMER, O. y LORENZ, W. "Estudios sobre el uso industrial de minerales no metálicos en El Salvador" Tomo 5 "Perlitas Salvadoreñas, yacimientos y posibilidades de utilización" Instituto Federal para las Geociencias y Recursos Naturales, HANNOVER, Abril 1978.
- 3- CHESTERMAN, W.C. "Industrial Mineral and Rocks" Fourth edition, American Institute of Mining, Metallurgical and Petroleum Engineers Inc. New York, N.Y., 1975.
- 4- PERLITE INSTITUTE INC. "Perlite, technical data sheet" Publicación Nº 1-1-77, New York, N.Y., 1977.
- 5- MILANESE, S.R., "Perlite Around the World" Isolatie Congres, Rotterdam, Netherland. September 14, 1979.
- 6- MEISINGER, A.C., "Perlite, Mineral Commodity Profiles" Bureau of Mines, United States Department of the Interior Washington, D.C., 1979.
- 7- CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOTECNICAS, Ministerio de Obras Públicas, El Salvador, 1980.
- 8- THE PERKIN ELMER CORP., "Instructions Model 460 Atomic Absorption Spectrophotometer", 1978.

- 9- SLAVIN, W.; "Atomic Absorption Instrumentation and Technique, a Review, The Perkin Elmer Corp. EE.UU., 1964.
- 10- LANGENEGGER, S.C., Y OTROS, Seminario de Graduación "Normalización de la industria alimenticia en El Salvador. Estado actual y proyecciones en desarrollo". Parte IV "Estado actual del control de calidades en el agua para usos municipales en la zona metropolitana de San Salvador". Departamento de Ingeniería Química. Universidad de El Salvador Noviembre, 1970.
- 11- CAZARES, M.E., RIVERA, A.E., ESCOBAR, R.A.; Seminario de Graduación "Evaluación del uso de la lava volcánica en la industria". Departamento de Ingeniería Química, Universidad de El Salvador Julio, 1976.
- 12- JACOME, J.M., SAADE, C.A.; Seminario de Graduación "Tratamiento de carbonato de calcio natural para lograr su utilización en pinturas". Departamento de Ingeniería Química, Universidad de El Salvador, Octubre 1977.
- 13- THE PERKIN ELMER CORP. Operating Directions Autoclave - 3 (D78486).
- 14- BERRY, L.G.: BRIAN MASON. Mineralogía, Ediciones Aguilar S.A. Madrid, España 1966.
- 15- BADILLO, J.; RODRIGUEZ, R. Mecánica de Suelos, Tomo I 3^a Edición, Editorial Limusa, México 1978.
- 16- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. "1978 Annual book - of ASTM Standard", Parts, 14, 18 y 28. Easton, Md. USA.

- 17- DEPARTAMENTO DE FISICA, Sección del Estado Sólido Universidad de El Salvador, 1980.
- 18- KIRK - OTHMER. "Enciclopedia de tecnología química" Tomo VI, XII. 1^a Edición en Español, UTEHA, Méjico 1962.
- 19- SILBRICO CORPORATION. "Ryolex Perlite tech date sheet" Illinois, EE.UU., 1978.
- 20- JOHNS - MANVILLE INTERNATIONAL CORPORATION. Celite División - Filter AIDS. EE.UU., 1978.
- 21- BERG. E.W. "Physical and Chemical Methods of separation" McGraw-Hill, Book Company Inc. New York, 1963.
- 22- PERRY, J.H. and CHILTON. "Chemical Engineers Handbook". 5 th. Mc-Graw-Hill. Book Company, New York, N.Y., 1973.
- 23- FAUST, ALAN, S. "Principios de Operaciones Unitarias" 1^a Edición en Español, John Wiley and Sons, Inc. New York, 1969.
- 24- BROWN, A.I., MARCO, S.M. "Transmisión de calor" 3^a Edición, - Editorial Continental, S.A., Madrid, 1963.