

Universidad Nacional de Ingeniería

Programa Académico de Minería

**Instalación de una Planta Industrial para
Fabricación de Ladrillos en la Ciudad de
Juliaca - Departamento de Puno**

Tesis de Grado

Para obtener el de INGENIERO DE MINAS

Hernán Del Castillo Cuba

64' «Fausto Zavaleta C.»

LIMA - PERU

1971

A mi querida madre

AGRADECIMIENTO

Al Ingeniero Luis Alva S.
y a todo el personal do -
cente y administrativo del
Programa Académico de Mine-
ría.

S U M A R I O

INTRODUCCION

CAPITULO I

- 1 ANTECEDENTES HISTORICOS
- 2 UBICACION GEOGRAFICA Y ACCESIBILIDAD
- 3 CAPACIDAD DE LA PLANTA PROYECTADA

CAPITULO II

A.- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

1.- Arcillas

- a).- Definición
- b).- Mineralogía
- c).- Tipos de Arcillas
- d).- Especificaciones de la Materia Prima
- e).- Análisis Químico y Calidad de las Arcillas
- f).- Reservas

B.- PROCEDIMIENTOS INDUSTRIALES DE FABRICACION DE LADRILLOS

1.- Métodos Actuales de Fabricación

- a).- Fabricación a Mano
- b).- Métodos Mecánicos de Fabricación

2.- Método Adoptado en esta Tesis

- a).- Método Mecánico en Húmedo

3.- Flow Sheet Cualitativo y su Descripción

4.- Tecnología de las Principales Operaciones del Procedi -
miento

a).- Preparación de la Masa

b).- Moldeo

c).- Desección

d).- Cocción

5.- Características del Producto Obtenido

a).- Propiedades Físicas

b).- Tipos de Ladrillo

c).- Especificaciones Conocidas.

CAPITULO III

A.- INGENIERIA DEL PROYECTO

1.- Calculos de Ingenieria

a).- Balance de Materias

b).- Diseño del Equipo

c).- Balance de Energía

d).- Balance Térmico

2.- Especificaciones Generales del Equipo

3.- Disposiciones de la Planta e Instalaciones Auxilia-
res.

4.- Consumos Unitarios

CAPITULO IV

A.- ECONOMIA GENERAL

1.- Inversiones

a).- Inversión Fija

b).- Capital de Operación

2.- Presupuestos

a).- Ingresos

b).- Egresos

3.- Balance Económico

4.- Indices de Evaluación Económica del Proyecto

a).- Retorno del Capital

b).- Punto de Equilibrio Económico (BEP)

c).- Rentabilidad

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A.- ANEXOS

1.- Bibliografía

INTRODUCCION

El presente trabajo ha sido preparado con la finalidad de obtener el grado de Ingeniero de Minas, especialidad Metalurgia.

El tema escogido está comprendido en el campo de los Minerales no Metálicos y específicamente pertenece a los llamados Minerales Industriales, y que los podemos definir, como: Aquellos minerales no metálicos que previo o no un proceso de beneficio o transformación química son usados directamente en los diferentes campos de la actividad industrial.

Los llamados Minerales Industriales tienen futuro promisor. Con el desarrollo del país se están creando nuevos mercados y con este aliciente se incrementará la formación de nuevas empresas que contribuirán al progreso de tan importante rama de la producción minera.

El control de calidad de los productos juega rol muy importante en nuestros días, lo que hace necesario poner especial atención en la calidad de los materiales y de los productos terminados. Como consecuencia de este control, se creará una mayor demanda por las materias primas minerales de mejor y uniforme calidad, lo que permitirá hacer la explotación y beneficio más técnico y acabado. En la actualidad la calidad de los ladrillos producidos en el Departamento de Pu-

no no es satisfactoria, creando la necesidad de contar con una planta que los ofrezca bien acabados y de óptima calidad.

Al realizar este trabajo se ha tenido en cuenta la situación económica y social del Departamento de Puno, en especial Juliaca. Como es por todos conocido, esta zona del Perú solo cuenta con un centro Industrial de importancia es la fábrica de Cemento Sur S.A., y que, en la actualidad, tiene problemas de absorción de su producto en el mercado. Al proyectar una fábrica de ladrillos en Juliaca, indirectamente estamos contribuyendo a un mayor uso de cemento que incrementará el actual mercado existente para este material de construcción.

Está basado además, en un mercado real existente en el Departamento de Puno, teniendo como centro de operaciones, Juliaca. La Instalación de esta planta será de gran provecho para la zona, ya que permitirá:

- a).- Dar ocupación a sus pobladores.
- b).- Ofrecer mejores niveles de vida.
- c).- Aumentar el movimiento económico de la región.
- d).- Creación de actividades complementarias a la fábrica.
- e).- Participación en el desarrollo industrial de la región al aportar nueva tecnología.

En suma, la instalación de una fábrica de ladrillos en Juliaca contribuirá al desarrollo de la región en el aspecto económico, social e industrial.

CAPITULO I

1.- ANTECEDENTES HISTORICOS

La fabricación de ladrillos y piezas cerámicas destinadas a la construcción, es tal vez la industria más remota de la humanidad y una de las más antiguas que emplea fabricación en serie.

A pesar de los años y siglos que se producen la drillos, esta industria presenta el curioso fenómeno de haber evolucionado menos en relación con todas las demás. Sin embargo, desde un siglo, aproximadamente, ha emprendido rápida evolución.

En la más remota antigüedad, el hombre dejó impresos en el suelo arcilloso las huellas de sus pies, dichas huellas se secaron y debido al calor del sol se endurecieron. Aunque no se diera cuenta de lo que estaba produciéndose, el hombre primitivo presenció, por primera vez, el proceso de la arcilla que se veía desprovista de sus propiedades plásticas por la acción desecante del sol, y se convertía en una sustancia dura. Los primeros ladrillos se fabricaron mezclando barro y paja, que una vez secados se usaban para construir viviendas.

En cuanto al ladrillo endurecido por cocción su antigüedad es incontestable; pero podemos suponer que algún

producto de arcilla entró accidentalmente en contacto con el fuego y de este modo se obtuvo el primer artículo de cerámica cocida.

El arte original de la fabricación de la arcilla cocida alcanzó adelantos similares en distintos lugares, encontrándose artículos de cerámica en todos los continentes. El ladrillo apareció en la antigüedad, en todas las regiones donde faltaba piedra y abundaba arcilla, adoptando el ladrillo formas propias en cada región.

En el Génesis XI, 3, se habla de la Torre de Babel construida con ladrillos cocidos. En Egipto las murallas de Pithom se hicieron de ladrillo cocido en tiempos de Ramsés II.

Los Asirios, Caldeos, Babilonios y Griegos, crearon una técnica propia para el uso y fabricación de los ladrillos, en cambio, los Romanos difundieron por todo el mundo entonces conocido, el ladrillo en la construcción. Los Arabes, no solo usaron el ladrillo en construcciones, sino como elemento decorativo.

En el Perú, en las épocas pre-inca e Inca, la construcción en general fue hecha a base de barro en forma de adobe y adobón en la costa del país, también se usó en revestidos o enlucidos con morteros de barro fino y arcilloso (decorado de muros de barro en el Castillo de San Rafael-

Casma).

En la época Colonial se introducen en el país las técnicas de construcción europeas, y se empieza a construir con cal y ladrillo.

En los comienzos de la República se siguió construyendo con los mismos métodos y materiales que en la colonia. El uso de ladrillo en nuestro país comienza hacer empleado con intensidad, alrededor de los años treinta, en que se abandona la práctica de construcción con adobe y barro.

Debido a la necesidad de una mayor producción de ladrillos hizo que se buscaran nuevas formas de producción, que mejoraran y elevaran los rendimientos en la fabricación de ladrillos, es así como hace su aparición la primera máquina moldeadora de ladrillos, entre los años 1850 y 1860 fue construida por Carlos Federico Schlickeysen, este mismo constructor en el año 1858 da conocer la primera máquina galletera a hélice, la misma que era accionada a vapor, y que permitió prácticamente la automatización ladrillera, impulsando de esta manera la mecanización de la industria ladrillera, que obligó a desarrollar las técnicas del secaje y la cocción, al encontrarse con grandes producciones.

Todo este avance trajo como consecuencia una expansión de la industria ladrillera que se vió aumentada después de la primera guerra mundial, especialmente en Francia.

En el país, gran parte de la arcilla corriente que se explota se consume en la industria de ladrillos, que en la actualidad está en proceso de desarrollo.

2.- UBICACION GEOGRAFICA Y ACCESIBILIDAD

La planta proyectada se ubica en Juliaca, que es Distrito de la Provincia de San Román, Departamento de Puno. Juliaca se encuentra situada a 3,825 metros sobre el nivel del mar, con 15° 50' 51" de latitud sur y 700° 01' 28" de longitud W de G. Ubicada en la meseta del Collao que se caracteriza por topografía suave, cuyo declive se pronuncia hacia el sur-este. La verdadera planicie tiene longitud de más o menos 293 kilómetros, considerando su eje mayor.

Es el principal centro vial del Departamento de Puno, comunicándose con la costa y las diferentes provincias del Departamento por medio de carreteras, casi en su totalidad afirmadas, siendo únicamente asfaltada la que une Juliaca-Puno. Se halla a 362 km. del puerto de Matarani, estando enlazada con la ciudades de Arequipa y Cuzco por medio de carreteras afirmadas.

Juliaca es el principal nudo ferroviario de la región sur del país a través del cual se comunican las ciudades de Arequipa, Puno y Cuzco.

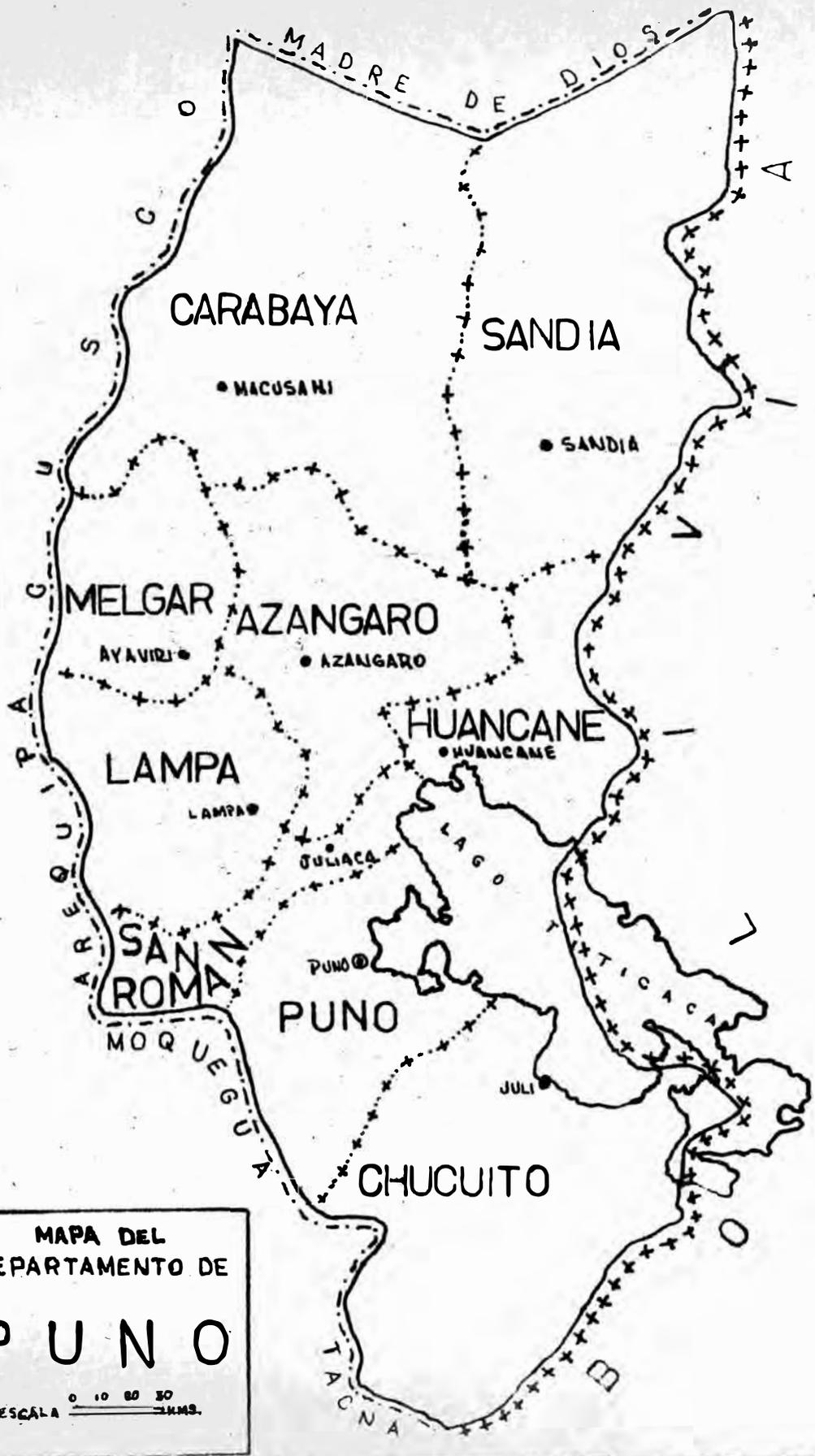
Se comunica con los Departamentos de Tacna y Moquegua a través de las carreteras de: Puno-Moquegua y Puno-Ilave-Tacna.

Es el centro obligado de comunicaciones con las provincias de Lampa, Huancané, Azángaro, Melgar, Sandía. (mapa departamento de Puno).

Desde el punto de vista económico, Juliaca se encuentra situada en un importante centro geo-económico y de comunicaciones del sur del país, con una población de ocupación principalmente comercial. Debido a estas condiciones especiales la ciudad de Juliaca ha desarrollado en forma rápida, contando con una población estable cercana a los 40,000 habitantes.

Con relación a la disponibilidad de materias primas para la industria ladrillera, Juliaca cuenta con buenos yacimientos de arcilla, además esta ciudad es un centro abastecedor de mano de obra, servicios de transporte, materiales y suministros, agua, combustible, vivienda, etc.

Consideraciones sobre materias primas, cercanía a mercados, facilidad de transporte, cercanía a proveedores de insumos, y mano de obra familiarizada con la indus



MAPA DEL
DEPARTAMENTO DE
PUNO

ESCALA 0 10 20 30
KMS.

tria cerámica han sido los principales factores que han determinado ubicar la planta en Juliaca.

3.- CAPACIDAD DE LA PLANTA PROYECTADA

Para poder determinar la capacidad de la Planta de ladrillos proyectada en la ciudad de Juliaca, se ha tomado en cuenta:

- a).-La situación actual de la industria ladrillera en el Departamento de Puno, y en especial en la provincia de San Román que está circunscrita a una serie de pequeñas instalaciones desprovistas de toda técnica. Esta situación hace que la producción de ladrillos no cubra las necesidades actuales de la zona, que podemos considerar en alrededor de 150,000 piezas por semana.
- b).-La demanda de ladrillos para construcciones, en mercados que comprenden las siguientes provincias: San Román, Puno, Lampa, Huancané, con posibilidad que la producción ladrillera de este proyecto pueda ser absorbida también por las provincias de Azángaro y Melgar.
- c).-Los planes futuros de desarrollo del sector de la construcción en el Departamento de Puno, que incluyen la construcción de viviendas de interés social (según el I. N. P. en el país, se construirán en los próximos 5

años 463, 000 viviendas), así como edificios públicos y construcciones de tipo industrial.

Todos estos elementos de juicio han determinado que, la planta proyectada sea de 100 T. M./día, cuya producción semanal sería de 235, 000 piezas de ladrillos huecos de: 90mm x 120mm x 250mm. También debemos mencionar la flexibilidad que ofrece la planta proyectada en cuanto a variaciones en la línea de producción, ya que con algunas pequeñas modificaciones, principalmente en la sección moldeo, también se podrá fabricar ladrillos macizos king-kong y tejas, estas últimas muy usadas en la región.

CAPITULO II.

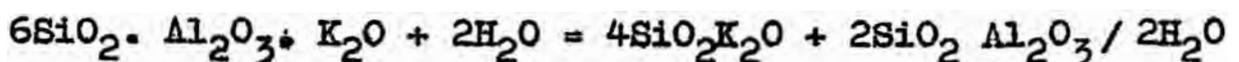
A).- ESTUDIO DE LA MATERIA PRIMA

Uno de los aspectos fundamentales en la industria de la cerámica, es la utilización de la materia prima. Siendo la arcilla la materia prima empleada en la fabricación de ladrillos, es necesario conocer las características de este mineral. Las arcillas se presentan en la naturaleza con bastante frecuencia, esta facilidad de disponibilidad de materia prima, es una ventaja en la industria de fabricación de ladrillos.

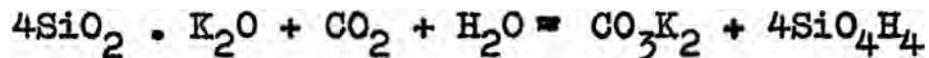
1º.- ARCILLAS

a).- DEFINICION

Las arcillas son sedimentos geológicos, resultantes de la descomposición de rocas ígneas debido a la acción química a través del tiempo, sobre los feldespatos (silicatos de aluminio que contiene potasio, sodio y calcio), los silicatos de hierro y magnesio, esta reacción química se produce por acción del anhídrido carbónico del agua sobre los silicatos:



A su vez, parte del silicato resultante de la descomposición, por proceso de lixiviación de agua de lluvia y el intemperismo constituyen el origen principal de la potasa en las tierras para agricultura y parte se descompone por acción del anhídrido carbónico:



Podemos definir a las arcillas como sustancias pro-
venientes de la descomposición de rocas ígneas, que contienen
minerales (principalmente silicatos de aluminio hidratado) y
sustancias coloidales que absorben agua y forman una masa plás-
tica, que ~~así~~ ~~húmedas~~ ~~si se le moldea,~~ ~~después de secas,~~ con-
servan la forma que han recibido; pero además, sometidas al
fuego, después de moldeadas, a alta temperatura, adquieren du-
reza y resistencia asimilable a la de las rocas naturales.

b).- MINERALOGIA

Las arcillas están constituidas por diversos minerales; pero podemos decir que cierto tipo de minerales se presentan en todas las arcillas, siendo estos llamados minerales de arcilla.

Mineralógicamente los minerales de arcilla pueden ser clasificados en silicatos hidratados de aluminio y magne-
sio. Los nombres, composición química, y algunas propiedades físicas se dan en el cuadro 1.

De los grupos de arcillas que aparecen en el cuadro 1, diremos que las arcillas usadas en la industria de la cerámica, el que más se encuentra en la naturaleza es el grupo del caolín. La caolinita, halloysita, dikita, hacrita son los principales minerales en este grupo.

Las arcillas del grupo de la Montmorillonita, son minerales menos comunes que los del grupo de los caolines; pero comprende un grupo importante de arcillas. Con la adición de agua, algunos minerales de este grupo se hinchan aumentando su volumen. La Montmorillonita, Nontronita, forman una serie donde la sílice, alúmina, magnesio, óxido de fierro y agua son los componentes principales.

El grupo del silicato de magnesio es mucho menos común que los otros grupos. Los minerales son esencialmente silicatos de magnesio hidratados.

De acuerdo a su formación, las arcillas pueden clasificarse en residuales y transportadas; pero en ambos casos las arcillas son de origen secundario. Las arcillas residuales son producto de la descomposición (in situ) de rocas existentes debido a agentes físicos o químicos; arcillas transportadas son aquellas que han sido depositadas bajo los efectos ya sea de los mares, ríos, glaciares o del viento.

CUADRO 1

NOBRE	COMPOSICION QUIMICA	SISTEMA CRISTALIZACION	GRAVEDAD ESPECIF.	DUREZA	COLOR
<u>GRUPO DEL CAOLIN</u>					
Caolinita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_2$	Triclínico	2.61	2.0	Blanco
Halloysita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_2$	Hexagonal	2.62	-	Amarillento
Dickita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_2$	Monoclínico	2.62	2.5	Amarillo Grisáceo
Nacrita	$Al_2(Si_2O_5)(OH)_2$	Ortorrómico	2.54	2.5	Amarillo Grisáceo
Anacrita	$Al_2O_3 \cdot SiO_2 \cdot 2H_2O$	Amorfo	2.60		Amarillo
Aloesina	$Al_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot nH_2O$	Amorfo	2.50	2.0	Grisáceo Verdoso.
<u>GRUPO DE MONTMORILLONITA</u>					
Montmorillonita	$(Al, Mg)_2 Si_4O_{10}(OH)_2$	Monoclínico	2.60	2.0	Marrón
Montronita	$(Al, Fe, Mg)_2 (Al, Si)_4 O_{10}(OH)_2$	Monoclínico	2.40	2.0	Blanco Grisáceo.
Hectorita	$(Mg, Li, Al)_3 Si_4O_{10}(OH)_2$	Monoclínico	2.50	2.0	Blanco Grisáceo.
Sepiolita	$Mg_3(Al, Si)_4O_{10}(OH)_2$	Monoclínico	2.75	-	Blanco Grisáceo.
<u>GRUPO SILICATO DE MAGNESIO</u>					
Serpentina	$Mg_3 Si_2 O_8 (OH)_2$	Ortorrómico	2.0	2.0	Blanco Grisáceo.
Atapulgita	$Mg_5 Si_8 O_{20} (OH)_2 \cdot 8H_2O$	Ortorrómico			

Las arcillas impuras empleadas en la ladrillería se clasifican: en magras y grasas, según su mayor o menor plasticidad, siendo las impurezas las que determinan esta clasificación. La plasticidad es la propiedad según la cual la arcilla embebida con agua se transforma en masa moldeable.

Las arcillas grasas son las plásticas por excelencia, untuosas al tacto, frotándolas con la uña cuando están húmedas presentan una superficie unida y brillante, moviéndolas exhalan el olor característico de la tierra de fermentación, tiene notable capacidad aglutinante (cuando la arcilla húmeda puede llegar admitir entremezcalada en su masa cierta cantidad de materiales pulverulentos más o menos granulosos y dejando secar el material obtenido llega a alcanzar en este estado cierta resistencia mecánica).

Arcillas magras, son las que poseen muy poca o ninguna plasticidad, se llaman también "Arcillas áridas".

c).- TIPOS DE ARCILLA

Las arcillas se han dividido en seis grupos, estos son: caolín, arcillas plásticas, arcillas refractarias, bentonita, tierra de fuller, diversas arcillas.

El primer grupo, caolín o arcilla de china, es un término mineralógico referido a la arcilla en la cual el mi-

neral predominante es la caolinita, Los caolines comerciales tiene un color blanco cuando están sometidos al fuego y cuando están secos.

Se utiliza principalmente: en alfarería, industria del caucho, industria del papel, etc.

El segundo grupo, arcilla plástica, se llama así por la alta plasticidad de esta arcilla, siendo una de las formas principales de reconocerla, moldeando bolas que comprimidas en una dirección cualquiera, no originen grieta alguna en la pasta cuando el diámetro se ha reducido a su mitad en el sentido de la presión. La arcilla plástica tiene un alto radio de sílice a alúmina, tiene grano más fino que el grupo de los caolines. Se usa en la manufactura de utensilios, mayólicas, etc.

El tercer grupo, arcilla refractaria, como su nombre indica sirve principalmente para usarla en la fabricación de materiales refractarios. Las arcillas refractarias están constituidas básicamente de caolinita incluyendo otros minerales de arcilla, como halloysita, yllita, e impurezas orgánicas e inorgánicas. Bajo el término de arcillas refractarias está la diaspora, que es en gran parte alumina hidratada ($Al_2O_3 \cdot H_2O$). Los colores al fuego de la arcilla refractaria van desde el rojo al gris. Basados en la plasticidad y dureza, los siguientes tipos de arcilla refractaria son

reconocidos: Plástica, semiplástica, dura, semidura. Se usan en la fabricación de materiales refractarios, mayólicas, etc.

El cuarto grupo, bentonita, está compuesta principalmente por minerales del grupo de la montmorillonita.

Se distinguen dos tipos de bentonita, uno que se hincha al ser humedecido y otro que no se hincha. Los minerales que se hinchan y aumentan de volumen contiene altos porcentajes de sodio, los que no se hinchan tiene alto contenido de calcio. Al hincharse la bentonita incrementa de 15 a 20 veces su volumen en seco.

Las bentonitas que se hinchan son usadas, principalmente como lodos de perforación, en ~~funcionamiento~~ pellets de fierro; las que no se hinchan son usadas como blanqueadores, como catalizadores en la industria petro-química, etc.

El quinto grupo, tierra de fuller, es derivado del primer y mayor uso de este material en la industria textil. La tierra de fuller está constituida principalmente por montmorillonita que puede ser alta en magnesio, la tierra de fuller tiene similitud con la bentonita que no se hincha. Una de las principales propiedades de esta arcilla es ser absorbente, se usa como absorbente insecticidas, fungicidas, etc.

El sexto grupo, diversas arcillas, es una designación usada para referir arcillas no incluidas bajo los o

tros 5 tipos mencionados. Estas arcillas contienen algo de caolinita, montmorillonita; pero predominantemente illita. Son referidas por el empleo que se les da y sirven para hacer ladrillos, tubos, mayólicas, etc.

d).- ESPECIFICACIONES DE LA MATERIA PRIMA

Las especificaciones de análisis varían con el tipo de arcilla, sus propiedades y usos. Con el incremento de la producción y demanda para productos de mejor calidad surgió la necesidad de controles más precisos, por lo que tuvo que efectuarse un estudio intensivo de las estructuras cristalinas, efecto de impurezas, etc. que permitiese llevar un control de análisis acorde con las necesidades del momento actual. Las propiedades significativas de la arcilla en la cerámica son:

Plasticidad, es una de las propiedades más importantes. Como ya se ha dicho, se produce humedeciendo las arcillas. Es mayor cuanto menor es la dimensión de los granos de arcilla. Los porcentajes de impurezas contribuyen a cambiar la plasticidad de la arcilla según su composición. La cantidad de agua para obtener un buen producto cerámico varía con las clases de arcilla, y puede oscilar entre el 15 y 35% en peso.

Resistencia a la tensión, es importante por que las piezas deben soportar los esfuerzos desarrollados en ellas, durante las operaciones de moldeo, manipulación y secado.

Capacidad de absorción del agua, está determinada por la mayor ó menor facilidad de humectación que produce el esponjamiento de las partículas de arcilla.

Contracción, la contracción de la arcilla está determinada por la disminución del volumen sufrido en el secado y cocción de las piezas moldeadas. De ella depende la dimensión definitiva de las piezas. Es usual distinguir la contracción de la arcilla moldeada, o sea la producida por la evaporación del agua de la pasta, y aquellas que se realiza por la cocción en el horno.

Fusibilidad, el comportamiento de la arcilla al calor depende de su contenido de fundantes (ácido silicífico, cal, óxido de fierro, magnesio y álcalis). De la mayor o menor cantidad de estos componentes, depende un mayor o menor reblandecimiento de la arcilla sometida al calor, reblandecimiento que, llegado al estado vitrificado, puede alcanzar la fusión.

De acuerdo al uso, las arcillas tienen las siguientes especificaciones:

Para la industria cerámica en general, las propiedades importantes son: plasticidad, color al fuego, secado, y resistencia al fuego, rango de vitrificación.

Las arcillas para productos refractarios necesitan un control especial sobre la fusibilidad, el mismo que se realiza por medio del Cono Pirométrico Equivalente (P.C.E.).

Arcillas usadas en la manufactura del cemento, son seleccionadas para suplir las deficiencias en la composición química de este tales como, sílice, alumina, y óxido de hierro no presente en la piedra caliza o roca de cemento .

Las arcillas más deseables y usadas como lodos de perforación son aquellas que en contacto con el agua se hincha.

e).- ANÁLISIS QUÍMICO Y CALIDAD DE LAS ARCILLAS

Los materiales arcillosos para uso industrial están compuestos principalmente de arcilla pura, que es el aglutinante de los elementos restantes de su composición química.

La arcilla pura se compone principalmente de 47% de sílice, 39% de alúmina, y 14% de agua. En la industria

manufacturera de ladrillos conviene que la arcilla pura represente como mínimo un 25% del total del material componente de la arcilla. Lo interesante para que la pasta sea adecuada al moldeo es que el porcentaje de arcilla pura sea superior a 30%. Cuando la tierra arcillosa contiene menos del 25% de arcilla pura, el material es poco elástico y ofrece muchas dificultades al moldeo. Además la arcilla contiene a veces una proporción importante de arena que alcanza hasta 50% aproximadamente del total, o una carencia absoluta de arena en cuyo caso la tierra en estas condiciones es muy plástica, porque la disminución del porcentaje de arena implica el aumento de la proporción de arcilla pura.

Las sustancias que normalmente se presentan en las arcillas para la industria cerámica, son el óxido de hierro que puede oscilar de 2 a 15%; la magnesia que generalmente no alcanza 5%, y luego el carbonato de calcio que es nocivo para la industria cerámica, puede oscilar bastante ya que en algunas partes apenas llega a 1% y en otras alcanza una proporción que imposibilita prácticamente la utilización de la arcilla (cuando llega o pasa del 20%).

Las impurezas que con más frecuencia se presentan mezcladas con arcilla en los yacimientos corrientes, consisten en las siguientes materias: carbonato de cal, óxi

do de hierro, arena, magnesia, álcalis, yesos, etc. De estas impurezas la más peligrosa de todas ellas es el carbonato de calcio, porque una vez amasada, moldeada y cocida la pasta, el carbonato de calcio se descompone durante la cocción en cal viva. Esta es muy ávida de agua y se va hidratando después en el ladrillo con el agua contenida en el aire; esta hidratación da lugar a notable desprendimiento de calor y a hinchamiento del orden de 2 a 3 volúmenes más que el original. La consecuencia es la rotura de las piezas cocidas. Es recomendable evitar las arcillas que contengan pirita o cristales de yeso por ser estos perjudiciales para la industria cerámica.

Al realizar la mezcla del agua con las arcillas, se consideraba que el agua constituía un elemento inactivo. En realidad, el agua contiene iones H y OH, que químicamente son activos. Por tanto al añadir agua a una arcilla, aun que sea en algo, puede modificar las propiedades iniciales de la arcilla.

Los diferentes grados de plasticidad de las arcillas, están determinadas por la composición química de ésta (porcentaje de impurezas), en base a esto es que se han considerado dos tipos de arcillas, arcillas magras o corrientemente llamadas arenosas, y arcillas grasas o plásticas. Ambas arcillas son utilizables para la fabricación de ladri

llos; pero según sean magras o grasas, deben ser adecuadas a un determinado método de procesamiento. Según sea la arcilla grasa y magra, habrá mayor o menor capacidad de absorción de agua. La Arcilla grasa dificulta la penetración del agua en su interior porque su constitución resulta impermeable; en cambio, cuando la arcilla es magra permite fácilmente la introducción de agua en su interior.

Podemos decir que las arcillas con bajos porcentajes de cal y yeso, son utilizables sin dificultad en la fabricación de ladrillos, tanto si las arcillas son magras o grasas. A continuación se presenta un análisis químico de arcilla magra y grasa:

A R C I L L A S	MAGRA	GRASA
Sílice	20 %	60%
Arena	59%	0.5%
Alúmina	10%	15%
Oxido de hierro	3.5%	8%
Carbonato de Cal	0.5%	3%
Magnesia	0.1%	0.5%
Agua	6.9%	1%
Pérdida al Fuego		12%

Cuando la arcilla es extraordinariamente grasa, es decir, sin proporción notable de arena y con poca cal, su im permeabilidad constituye un problema, sobre todo, para el se cado, ya que es fácil que su contracción supere al 10% una vez seco el ladrillo y aun existen arcillas cuya contracción es del orden del 12%. En tales casos es aconsejable mezclar a las arcillas excesivamente grasas, desgrasantes, que son tierras más arenosas. Por otra parte, puede mezclarse a la arcilla, arenas muy finas que oscilan entre 1% á 10%. El objeto de estas mezclas es convertir la masa arcillosa grasa e impermeable en una masa que deje intersticios, por los cuales no solo penetre el agua con mayor homogeneidad durante el amasado, sino que en el secado pueda salir con mayor facilidad la misma agua de mezcla, hacia la superficie desde el in terior de las piezas.

El comportamiento de las arcillas también está su jeto a la preparación de éstas, tal como se presenta en el siguiente cuadro:

TIPO DE AR- CILLA	COMO SE COMPORTA			RESISTENCIA
	EN EL MOL- DEO	EN EL SE- CADO	EN EL CO- CIDO	DE LAS PIE- ZAS COCIDAS
GRASA y mal moli- da	Bien	Mal	Mal	Poca
GRASA y bien mo- lida	Muy bien	Regular	Bien	Regular
MAGRA y mal mo- lida.	R e s u l t a I n a p r e c i a b l e			
MAGRA y bien mo- lida	Bien	Muy bien	Muy bien	Mucha
MAGRA mez- clada con Arcilla GRASA plás- tica.	Muy bien	Bien	Bien	Mucha

A continuación presentamos un cuadro de análisis químicos de diferentes tipos de arcilla usados en la industria ladrillera:

ARCILLA	M U E S T R A S				
	"A"	"B"	"C"	"D"	"E"
Sílice	19.94	21.04	14.86	66.07	54.50
Alúmina	10.67	10.97	10.79	12.90	16.50
Arena	59.70	54.70	50.76	-	-
Oxido de Hierro	3.43	3.57	2.57	5.27	13.50
Carbonato de Calcio CaO	0.48	0.54	8.34	2.60	3.30
Magnesia	0.11	0.12	0.12	1.61	-
P.C. (Pérdida por Cal- cinación)	3.62	3.78	5.20	11.55	10.60
Agua Higroscópica	2.04	5.28	7.36	-	-

Al considerar este proyecto de factibilidad para instalar una industria manufacturera de ladrillos en Julia-
ca, se han realizado los análisis químicos de la materia prima
a emplearse, teniendo cuidado en la toma de muestras, de
tal manera que sean realmente representativas de los yaci-
mientos a explotarse. Así, después de efectuar los análisis
de las muestras correspondientes, se han obtenido los resul-
tados siguientes:

ARCILLAS	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
SiO ₂	54.50	53.00	55.65	56.12
Al ₂ O ₃	8.57	10.12	10.35	11.67
Fe ₂ O ₃	6.43	5.68	2.95	3.09
CaO	11.83	11.93	10.00	11.76
MgO	2.53	2.79	2.64	2.46
P.C. (Pérdida por Calcinación)	14.00	13.25	15.42	12.92

Como se observará en el cuadro de análisis quími-
cos de la arcilla a emplearse en la fabricación de ladrillos,
se nota que el porcentaje de CaO es un poco alto, sin llegar
a pasar el límite permisible para esta sustancia en la fabri-
cación de ladrillos. También se observa un porcentaje consi-

derable de pérdida por calcinación sin que ello signifique un factor nocivo para el empleo de esta materia prima. El resto de sustancias que aparecen en el cuadro de análisis químicos, pueden considerarse dentro de porcentajes que podríamos llamar normales en el campo de la manufactura de la drillos. Estas arcillas por su composición química deberán necesitar de un desgrasante, que permita que se las pueda procesar con mayor facilidad y ventajas, por lo que será necesario el uso de arena en nuestro caso.

f).- RESERVAS

Al emprender el estudio de este trabajo, se localizó en principio el yacimiento que abastecerá de materia prima la futura planta, y que está ubicado en la zona de Chullunquiani perteneciente al distrito de Juliaca.

Para estimar el volumen de arcilla que contienen los yacimientos, se hizo los cálculos de reservas a fin de dar una idea real aproximada de la riqueza encerrada en el yacimiento, habiéndose obtenido los siguientes resultados:

Mineral Probado =	440,000.00 T.M.
Mineral Probable =	<u>110,000.00 T.M.</u>
Total Cubicado =	550,000.00 T.M. =====

Si consideramos que quizá no se puedan llevar a cabo trabajos de prospección futuros, el mineral calculado como reserva justifica la instalación de una planta de 100 T.M. por día.

Extracción de arcilla en un año = 36,600.00 T.M.

Años de vida del Yacimiento = 15 Años.

Por lo que el yacimiento tiene asegurado un trabajo ininterrumpido durante 15 años.

Normalmente en este tipo de industria se requiere una amortización del 10% anual, por lo que se necesitaría un mínimo de trabajo del yacimiento durante 10 años, lo que justifica en cuanto a materia prima se refiere la instalación de la planta, ya que, como hemos visto, tiene 5 años de exceso.

B) PROCEDIMIENTOS INDUSTRIALES DE FABRICACION DE LADRILLOS

1º.- METODOS ACTUALES DE FABRICACION

El uso de ladrillos como un recurso para construir viviendas dió origen a la industria de moldeo de ladrillos que tiene tanta antigüedad como la misma edad de piedra, en la cual el ser humano, construía sus habitaciones moldeando la piedra. Durante miles de años los ladrillos se han fabricado a mano, realizándose la cocción de

éstos en hornos estacionarios. La necesidad de grandes volúmenes de producción y el alto costo del trabajo ~~manual~~ ha obligado a esta industria a buscar procesos nuevos, mecanizados, en gran parte. Existen dos métodos de fabricación de ladrillos que son el método manual y el método mecánico, los que serán tratados a continuación:

a).- FABRICACION A MANO

El proceso de fabricación a mano es muy usado actualmente en nuestro país, y es el que predomina en Juliaca.

El procedimiento de fabricación a mano comienza, cuando la arcilla es humectada, operación que se realiza en parcelas, conteniendo arcilla, a las que se le echa agua y se las hace remojar, especialmente cuando las arcillas no contienen la cantidad de agua necesaria para preparar la pasta de moldeo. Seguidamente se remueve la masa, de cuando en cuando, para que absorba la humedad. Una vez humectada la arcilla, se realiza el amasado o batido, mediante los pies o palas, que permiten cortar la arcilla mojada y amasarla con facilidad; una vez obtenida una masa homogénea, la pasta así preparada se va extrayendo en pequeños trozos que forma la porción necesaria para uno o más ladrillos a la vez.

El moldeo se realiza en moldes de madera, la arcilla preparada se vierte sobre los moldes, se presiona contra las esquinas interiores para así llenar los ángulos, y

luego se acaba de llenar el molde con la presión de las manos, para separar el sobrante se utiliza una reglilla y luego se saca el molde de madera, quedando en el sitio la arcilla moldeada. Después de cada moldeo los moldes vacíos se mojan con agua.

El secado de las piezas moldeadas se realiza a aire libre, siendo este procedimiento bastante antiguo. Los ladrillos moldeados deben reposar en tierra hasta que puedan tolerar una pequeña carga que supone su colocación de canto.

Esta colocación se hace dejando espacios intermedios entre los ladrillos y a través de los cuales circula el aire de secado. Las rumbas de ladrillos, se cubren con tejas, paja, etc. para protegerlos de la lluvia. El secado en esta forma está supeditado al clima. En otros casos para proteger los ladrillos de las lluvias se construyen secaderos con covertizo, siendo éstos de dimensiones variables, las cuales guardan relación con la capacidad de producción. Los secaderos deberán ubicarse en zonas cercanas a los hornos de cocción para evitar largos transportes que ocasionarían pérdidas en la producción.

Una vez secos los ladrillos se proceden a acomodarlos en hornos de cocción estacionarios e intermitentes (hecho de adobe), estos hornos tienen como combustible leña o petróleo. Los ladrillos se colocan de tal manera que

circule el aire y el calor entre ellos, por este procedimiento se elimina el agua libre e higroscópica en forma de vapor. Esta operación se realiza en forma muy lenta, demorando de tres a cuatro días para su culminación, generalmente se considera terminada la operación cuando el ladrillo ha adquirido el color y sonoridad debidos.

La ventaja de estos hornos radica en su bajo costo de fabricación y en la cantidad de ladrillos que pueden cocer sin mayor desembolso para la construcción del horno. Estos hornos son de poca duración y constantemente deben ser reparados, ocurriendo esto generalmente al término de la cocción, puesto que el mismo horno trabaja como enfriador y descargador de producto obtenido; esto hace necesario que se cuente con dos hornos, de tal manera que mientras uno se está descargando el otro estará siendo cargado o en proceso de enfriamiento.

El transporte de los ladrillos se realiza directamente y en forma manual a los vehículos correspondientes.

Como se ha visto, este sistema de fabricación a mano, requiere empleo excesivo de mano de obra y de tiempo de trabajo, condiciones climatéricas que favorezcan el secado, disponer de apreciables áreas de trabajo; en suma, este proceso es de marcha lenta, la que redundará en un alto costo de producción.

b).- FABRICACION USANDO MEDIOS MECANICOS

La fabricación de ladrillos utilizando métodos mecánicos se desconoce en todo el departamento de Puno. El método mecánico tiende fundamentalmente a obtener ladrillos en crudo que puedan colocarse inmediatamente de canto en los secaderos, aparte naturalmente de un aumento de producción, mejor calidad de productos, y economía en el costo de producción.

Podemos clasificar los métodos mecánicos en:

- 1) Método de barro rígido
- 2) Método de barro blando
- 3) Método de prensa seca.

El último método o sea el de prensa seca se usa para la fabricación de ladrillos refractarios. Los dos primeros métodos el de barro rígido y barro blando son los que se usan comunmente para producir ladrillos empleados en la construcción y que son los que vamos a tratar a continuación:

En el método de barro rígido la materia prima es preparada como una pasta con bajo contenido de agua, de tal manera que pueda tener la consistencia necesaria para sopor

tar su propio peso (6% de humedad). La preparación de la arcilla por el método de barro blando, consiste en preparar una pasta que tenga entre 18 y 25% de humedad, esto depende de la mayor o menor plasticidad de la arcilla.

El procesamiento de la arcilla comienza con la trituración de ésta para poder conseguir tamaños de partícula que puedan combinarse en forma homogénea con el agua. Una vez preparada la materia prima se pasa a la operación de amasado, en el cual se mezcla en forma uniforme el agua con la arcilla para darle la consistencia plástica necesaria, es muy importante tener en cuenta la cantidad de agua a mezclar, ya que un exceso es nocivo para obtener buena pasta, debido a que, a medida que se aumenta el contenido de agua, los ladrillos se encogen más durante los procesos de secado y cocción, esto se traduce en una pérdida de material con la producción de ladrillos defectuosos.

La operación de amasado se realiza en máquinas diseñadas y construídas de diversos tipos de acuerdo a las diferentes necesidades de producción. La preparación y amasado de la materia prima tiene como objetivo principal conseguir que el moldeo se realice en las mejores condiciones posibles. El moldeo de los ladrillos en forma mecánica se efectúa en diversos tipos de máquinas que podemos clasificarlas de acuerdo al siguiente cuadro:

TIPO DE MAQUINA	CONSUMO DE FUERZA	PRODUCCION	PASTA OBTENIDA
Máquinas propulsoras de Pistón	Bastante	Poca	Dura
Máquinas Propulsoras de Cilindros	Poco	Bastante	Muy Blanda
Máquinas Galleteras Corrientes	Bastante	Mucha	Blanda
Máquinas de Hélice al Vacío	Mucho	Mucha	Dura

Las máquinas propulsora de pistón, cuyo moldeo es ideal para pastas duras tienen un rendimiento escaso con relación a la fuerza consumida debido a que trabajan en forma intermitente, siendo esto una gran desventaja, lo cual ha hecho que entren en desuso.

Las máquinas propulsoras de cilindros no se emplean mucho en la fabricación de ladrillos, siendo su mayor uso para el moldeo de tubos.

Las galletoras corrientes son máquinas que mediante la presión de un émbolo a pistón, obliga a salir al barro a través de una boquilla, y por tanto el moldeo puede realizarse con poca humedad, el inconveniente de estas máquinas radica en la cantidad de fuerza motriz que necesi -

tan y la baja producción que consiguen, ya que es necesario fabricar pieza por pieza, o por lo menos, entregar cada vez a la máquina la cantidad de barro para la fabricación de unas piezas. Las últimas máquinas que se construyen de este tipo acostumbran a tener dos salidas, a fin de aprovechar el tiempo que el émbolo empuja a la pasta, para llevar el recipiente de la otra parte. Tienen ventajas al trabajar el barro con poca humedad, pero requiere de un empleo excesivo de mano de obra exceso de fuerza motriz y poca producción.

Las galleteras de hélice al vacío son actualmente las más aceptadas en la industria de la fabricación de la drillos, siendo su funcionamiento sencillo. Estas máquinas trabajan con pasta blanda o semidura. Las galleteras a hélice están constituidas esencialmente por un cilindro horizontal, dentro del cual gira un eje guarnecido con hélice que homogeniza, que impulsa la pasta y la obliga salir por la boquilla o hilera.

A continuación damos datos generales del rendimiento de las máquinas galleteras en las que puede observar se que éste aumenta con el diámetro de la cuba:

<u>DIAMETRO</u> <u>CILINDRO</u> <u>m.m</u>	<u>LADRILLOS</u> <u>MACIZOS</u> <u>POR HORA</u>	<u>POTENCIA</u> <u>H.P.</u>	<u>PESO</u> <u>Kg.</u>
250	400 - 700	2 - 4	1,200
300	900 - 1,200	4 - 6	1,800
350	1,200 - 1,600	6 - 8	2,000
400	1,600 - 2,100	8 - 10	3,000
450	2,200 - 2,700	10 - 13	3,500
500	3,000 - 4,000	14 - 17	5,400

El secado de los ladrillos, sean moldeados con pasta blanda a semidura, se realiza antes de someter éstos a la cocción; tiene por finalidad sustraer la humedad contenida en una materia sólida sin alterar sus propiedades físicas y químicas. La desecación en este caso es artificial, y se diferencia de la desecación natural en ser efectuada por el calor del aire, este absorbe el agua evaporada, por consiguiente, no debe estar saturado y debe ser renovado continuamente; en cambio, la desecación natural consiste en hacer que la humedad sea absorbida por el aire atmosférico, quedando supeditada la desecación al estado del tiempo.

La desecación artificial puede efectuarse en los siguientes tipos de horno, que son los más usados:

- 1) Secadores de cámaras (Keller)
- 2) Secaderos túnel (Icam).

Los secaderos de cámara tipo Keller realizan el secado por medio de aire caliente húmedo (20-35°C) y aire seco (30 - 80°C). Estos secaderos están compuestos de varias cámaras paralelas y todas ellas tienen una entrada y una salida. El aire caliente y humos del horno deben recorrer las cámaras en sentido longitudinal de las mismas, de tal modo, que los humos del horno, desde que salen de éste hasta que llegan a la chimenea, se ven obligados a realizar un número de cambios de dirección o zig-zag; tanto mayores cuanto más cámaras tienen que recorrer. Los hornos tienen un sistema especial de carga y descarga de ladrillos, por medio de vagonetas, las cuales se cargan con piezas verdes e introducen a las cámaras donde depositan la carga para el correspondiente secado.

Los secaderos Túnel son grandes compartimientos contruidos con ladrillo corriente, piso perfectamente plano para permitir la entrada y salida de carros transportadores de las piezas arcillosas; los gases calientes del horno de cocción ingresan por el extremo opuesto a la entrada de carros y circulan en contracorriente a éstos, de tal manera que se acelera el proceso del secado, permitiendo continuidad de producción.

La cocción de ladrillos, se refiere a la operación que se lleva a cabo en los hornos de cochura y donde prácticamente termina el proceso de fabricación de ladrillos. Esta operación se efectúa a altas temperaturas, produciéndose modificaciones de carácter físico y químico en la masa de ladrillos. Los hornos para cocción más conocidos son:

- 1) Hornos continuos con zona móvil de cochura (Hoffman).
- 2) Hornos continuos de zona fija de cochura (Túnel).

El horno anular de Hoffman tiene forma oblonga, subdividido en cámaras, cada una con una puerta. Siempre hay una cámara que está cargando y otra descargando. El aire de combustión es precalentado, aprovechando el calor de los ladrillos cocidos (que de este modo se enfrían) hasta llegar a la zona de combustión, donde los gases quemados recorren la carga recién introducida, manteniendo la circulación de los gases desde la primera cámara hasta la antepenúltima cámara.

El horno Túnel de cocción es en la actualidad un elemento que ha permitido mejorar la tecnología de la cerámica de ladrillo. Tiene una zona de fuego o laboratorio fi

jo por donde pasan los productos a cocer, en sentido contrario a estos circula el aire y los gases de combustión. Los ladrillos son cargados a vagonetas, las cuales circulan por el horno que además tiene un pasillo subterráneo para evitar obstrucciones de vagonetas en el horno.

El proceso de cocción dura de 30 a 40 horas, aproximadamente, que se utilizan para el caldeo, la cochura y el enfriamiento. En las bocas del horno hay dobles compuertas que permite la carga y descarga sin parar el horno y en comunicación con el exterior. El aire necesario para enfriar los ladrillos es insuflado por un ventilador colocado cerca de la puerta de carga.

2º.- METODO ADOPTADO EN ESTA TESIS

El método adoptado en el presente proyecto, se ha elaborado teniendo en cuenta principalmente los siguientes factores:

- 1.- La calidad de las arcillas disponibles.
- 2.- Mejorar la calidad de los productos obtenidos.
- 3.- Satisfacer la demanda de ladrillos en la zona.

3º.- METODO MECANICO EN HUMEDO

El método de barro blando es el que mejor se a

dapta a las condiciones de la materia prima existentes en la zona, clima del lugar y porque:

- 1).- Se puede utilizar una gama amplia de arcillas y pizarras.
- 2).- El equipo se adapta más fácilmente a las diferentes calidades de material, y a los diferentes tamaños y clases de ladrillos.
- 3).- Ausencia total de polvo que evita el peligro de silicosis en los obreros.
- 4).- El equipo necesario es menor con relación a los otros métodos existentes.

Aunque el procedimiento seco requiere una menor inversión en maquinaria que el procedimiento húmedo, ofrece dificultades debido a que la arcilla se presenta en los depósitos con mayor humedad que la requerida para este proceso, por lo cual existen inconvenientes para conseguir arcilla seca, al extraer la arcilla se precisa sacarla para ello hay que disponer de grandes áreas con covertedizo que dejen a cubierto la arcilla de la lluvia.

32.- FLOW - SHEET

- 1.- Alimentador mezclador lineal
- 2.- Molino desmenuador
- 3.- Molino laminador
- 4.- Amasadora batidora de doble eje
- 5.- Prensa de extrusión al vacío
- 6.- Cortador para ladrillo
- 7.- Horno Túnel de secado
- 8.- Horno Túnel de cocción

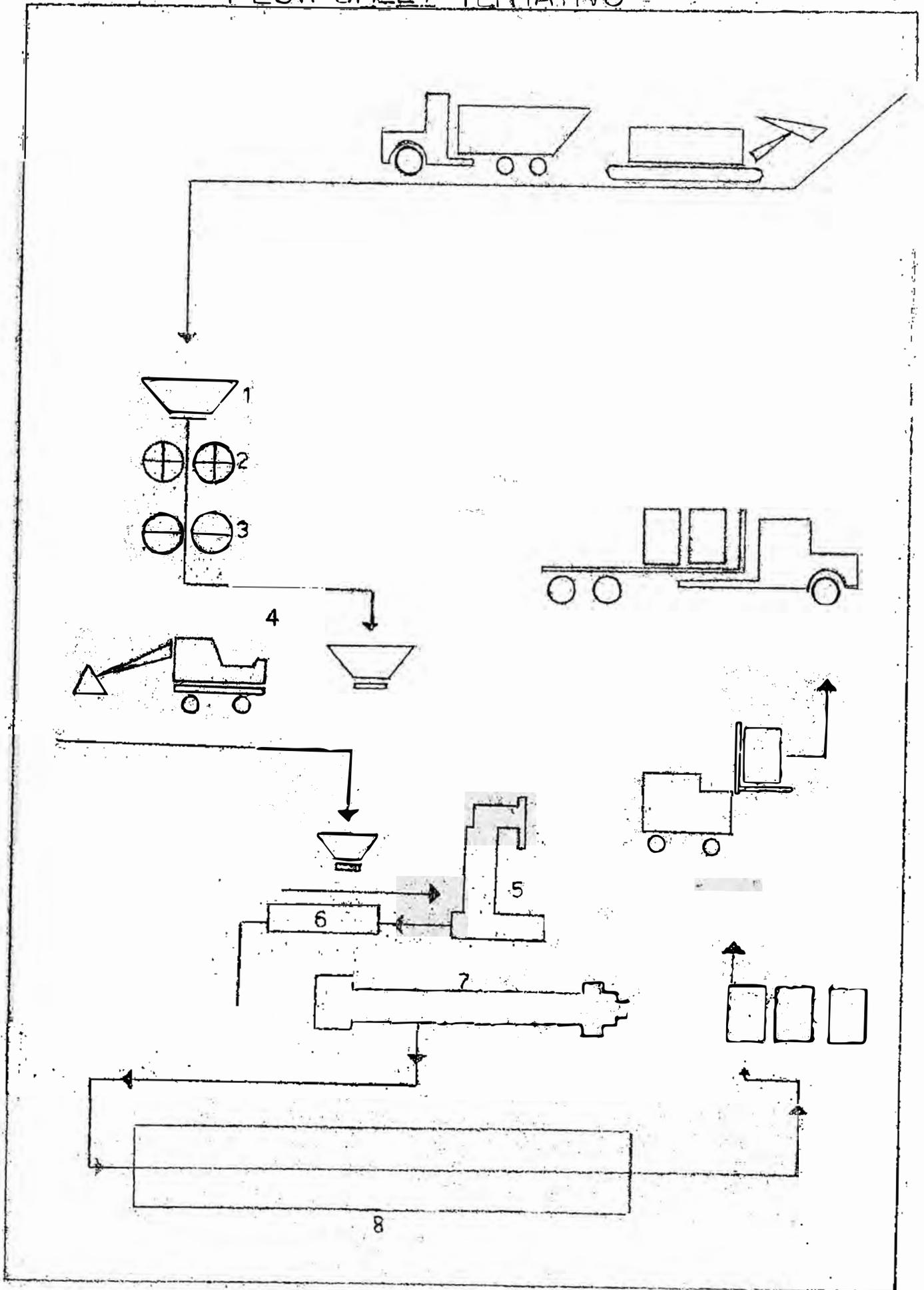
42.- TECNOLOGIA DE LAS PRINCIPALES OPERACIONES DEL PROCEDIMIENTO

La arcilla desde su extracción de los depósitos hasta llegar a la moldeadora, es sometida a un tratamiento o preparación, para continuar con las operaciones donde interviene el calor y finalmente conseguir el producto terminado que es el ladrillo. A continuación haremos un estu-dio de las operaciones principales que intervienen en la fabricación de ladrillos.

a).- Preparación de la masa

La preparación de la arcilla, consiste en eliminar cualquier materia ajena a la arcilla. Es conveniente eliminar toda partícula que por su tamaño y constitución o

FLOW-SHEET TENTATIVO



frezca dificultades a ser humectada homogéneamente. Por lo que se hace necesario llevar la arcilla a un estado de homogeneidad de mezcla con el material desgrasante (arena), llegando a convertir la masa térrea en una materia uniforme físicamente, eliminando todos los nódulos o aquellas partículas que por su dureza o constitución sean rebeldes o impermeables al agua. La preparación de la masa comienza:

1) Trituración

La preparación de la arcilla comienza con el tratamiento de ésta en un molino desmenuzador donde se trituran las arcillas, esta máquina está compuesta por unos discos redondeados de púas que rompen la tierra al tener que atravesarla. En el presente proyecto hemos determinado para la trituración el molino desmenuzador modelo D60G-ICAM.

2) Molienda

Una vez triturada la arcilla, ésta se lleva a un molino laminador, para hacer una molienda que reduzca las partículas a tamaños menores de un milímetro. Para la molienda se ha escogido el molino laminador modelo L-900-ICAM.

3) Amasado

Una vez preparada la arcilla, ésta es amasada mezclando íntimamente una cantidad determinada de agua con una cantidad de arcilla, tratando que el grado de humectación

de la tierra sea siempre uniforme, lo que dará excelente plasticidad para el moldeo. Para esta operación se ha de terminado una amasadora batidora de doble eje modelo A-8-ICAM.

b) MOLDEO

El moldeo es la operación en la cual se da al ladrillo forma y tamaño deseados. Esta operación se lle va a cabo mecánicamente, al presionar el material amasado dentro de los moldes. Se realizará en una prensa de extrusión al vacío, la misma que trabajará con pasta blan da. Estas máquinas se componen de un cuerpo mezclador en su parte superior, cámara de vacío y zona de compresión en la inferior; la pasta ingresa a la prensa de extrusión por una boca de entrada, luego pasa a un cilindro donde se produce el vacío, en este cilindro trabajan unas palas dispuestas helicoidalmente que impulsa la pasta a presión hacia la salida e impiden el retroceso de la arcilla.

La prensa al vacío permite una mejor homogenización de la pasta con relación a las galleteras corrientes, ya que en estas últimas aparecían mezcladas con la pasta unas burbujas de aire que al no poder ser expulsa das, a pesar de la presión ejercida, producían huecos y de fectos después de la cocción. Como vemos es necesario un desaireamiento de la pasta que se consigue con la presión

producida por la máquina moldeadora, a partir del momento que la masa sale de la sección interior de ésta hasta la entrada de la pasta en la boquilla.

Para obtener un moldeo eficiente se debe tener en cuenta:

- 1).- Preparación de la arcilla.
- 2).- Tipo de arcilla (más o menos grasa).
- 3).- Boquillas a utilizar.
- 4).- Compresión de la arcilla a la salida de la prensa al vacío.

Para adoptar en el presente proyecto la prensa al vacío como máquina moldeadora se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

1).- Las exigencias actuales de mejorar los materiales cerámicos para la construcción, que demandan piezas ligeras y de gran resistencia, lo que se consigue con la prensa al vacío.

2).- Porque el consumo de energía comparado con máquinas similares de igual producción (T.M./hora) y la potencia absorbida (KW/hora) es comparativamente menor en alrededor de 30%.

3).- No ofrece dificultades de obstrucción debido a su diseño, lo que permite una graduación del sistema

de vacío.

Se ha adoptado para esta sección la prensa de extrucción al vacío, modelo PD-2-ICAM.

Boquillas o moldes

La boquilla o molde es la que prácticamente da la forma deseada al barro que es presionado en el interior de la prensa al vacío, se encuentra a la salida de esta máquina. Las boquillas se colocan de acuerdo a las piezas que se desean fabricar y que en nuestro caso son ladrillos huecos de 90 mm. x 120 mm. x 250 mm.

La pasta en la prensa tiene una velocidad determinada del punto final de la hélice propulsora hasta que llega a la boquilla; pero al salir por ésta adquiere una mayor velocidad, este cambio de velocidades produce alargamientos, compresiones, fisuras, deslizamientos, etc. que afecta la constitución de los ladrillos en la operación de secado y cocción, por esto es menester evitar las diferencias de presión a la salida de la boquilla.

Se debe tener muy en cuenta la distancia desde el punto en que termina la hélice hasta la boquilla, ya que ésta debe ser lo suficientemente grande para soldar o fusionar lo más posible los innumerables folios que constituyen el cuerpo de la pasta y que han sido producidos por el movimiento

miento de las hélices y su aplastamiento contra los lados del cuerpo de la máquina, se puede considerar un mínimo de 20 ~~cm~~, para esta distancia.

Las boquillas para ladrillos huccos tienen, unos puentes interiores que soportan unos núcleos con tacos recambiables. Estos puentes deben estar tanto más distantes o mejor dicho que los portanúcleos deben ser lo suficientemente largos para permitir que la arcilla dividida por los puentes tenga tiempo de volverse a unir antes de salir por los núcleos, estos son ligeramente tronco-piramidales. Toda boquilla debe estar equilibrada, para que la barra de pasta salga por igual en todas las partes del molde y que no se produzcan tensiones diferentes en sus diversas partes, de tal manera que la pieza salga bien moldeada.

El material empleado en los moldes es el bronce y el hierro, los moldes contruidos de bronce ofrecen menos resistencia al flujo del barro no así los del hierro que ofrecen mayor roce al paso de éste. El desgaste de los moldes contruidos con bronce es mucho mayor que los del hierro lo que le da ventaja de duración a este último material sobre el primero, es por esto que se prefiere usar el hierro para construir los moldes.

Cortador de ladrillos

El corte de los ladrillos se llevará a cabo con un

cortador automático, combinación del tipo vertical rápido y vertical oblicuo, esta máquina realiza un corte a guillotina con porta hilos graduables para poder cortar con inclinación de los hilos, esta inclinación disminuye la resistencia que encuentra el hilo al penetrar al interior de la pasta, evitando así deformaciones de piezas, para lograr un corte sin rebabas. Esta máquina tiene la particularidad de que sus hilos son regulables en su anchura e inclinación de corte, la cortadora puede ser empleada para ladrillo macizo o hueco, además está equipada con un portahilos cambiante, al momento de romperse un hilo sin necesidad de parar la máquina, es de gran precisión y versatilidad y se puede conseguir las medidas de corte deseadas, efectuando los cambios necesarios para este fin.

c).- DESECACION

Es una de las operaciones principales en el proceso de fabricación de ladrillos y tiene una gran importancia en el rendimiento de la producción. Se considera una materia "húmeda" cuando la tensión de vapor en su superficie alcanza el punto de saturación que correspondería al líquido puro a la misma temperatura; mientras la tensión no alcanza dicho punto, se considera que la materia es "higroscópica". El secado de los ladrillos consiste en sustraer la humedad contenida en las piezas moldeadas sin alterar sus propiedades, para lo cual hay que tener presente los siguientes factores:

- 1).- Grado de finura de las arcillas
- 2).- Capacidad de absorción de la arcilla
- 3).- Higrometría de los componentes de la arcilla
- 4).- Forma de las piezas y gruesos de las paredes
- 5).- Velocidad de difusión de la humedad central hacia la periferia, según la calidad de la arcilla.
- 6).- Choque perpendicular y horizontal del aire.

Para el presente trabajo se ha adoptado el secado artificial, que consiste en la inyección de aire caliente, este absorbe el agua evaporada, cuidando que no se sature antes de llegar a la zona húmeda del horno, para lo cual el aire se

rá renovado en forma continua. Para esta operación se ha determinado el secadero continuo de tipo túnel en base a los siguientes factores:

1.- Debido al volumen de producción proyectada, el secaje natural demanda mayor empleo de mano de obra, con el atenuante que no podría ser posible mantener la continuidad de la operación.

2.- El clima de la zona no permite un secado natural continuo debido a la estación de lluvias y a las heladas, lo que entorpece la normalidad de marcha de la fábrica proyectada.

3.- El tiempo necesario para conseguir el secado las piezas empleando el secaje natural es excesivo comparando con el secado artificial en los hornos túnel.

4.- La inversión inicial de un secadero túnel es superior al secado natural pero a la larga la inversión de este último es superior y el mantenimiento es mucho más costoso.

5.- El alto porcentaje de merma por roturas debido a las heladas y vientos que son frecuentes en la zona sobretodo durante la estación invernal, hacen del secado natural un método desventajoso y oneroso, debido a que obligaría a parar la marcha de la fábrica, esto no sucede con el secadero tipo túnel.

El secadero túnel, como se muestra en el correspondiente flow-sheet, va a ser instalado para el servicio de un horno túnel de cocción. El funcionamiento del secadero túnel comienza llenándose las vagonetas a la salida del grupo de máquinas donde está instalada una vía de recepción completamente abierta, a cuyo final se encuentra la entrada del secadero, guardando las vagonetas un orden de ingreso en el secadero similar al orden que las piezas que carguen.

El secadero túnel consiste en una galería, ingresando por uno de sus extremos aire caliente procedente del horno túnel de cocción, este aire caliente atraviesa la galería en toda su longitud para salir finalmente por el extremo opuesto a su ingreso, completamente saturado de humedad. Como se ha visto, el uso de ventiladores mecánicos se hace necesario para impulsar y remover el aire o gas secador en cambio el aire húmedo circula por presión efectiva propia, debiendo controlarse el humedecimiento del aire seco para evitar grietas en los ladrillos y que son causadas por el secado demasiado rápido de la capa superficial de la arcilla.

En la Fig. 1 se aprecia un secadero túnel en el cual se observa que el primer contacto que tienen las piezas salidas de la máquina se produce en una zona completamente húmeda, lo cual evita la rotura de piezas. En el secadero túnel se puede considerar tres zonas: Zona húmeda

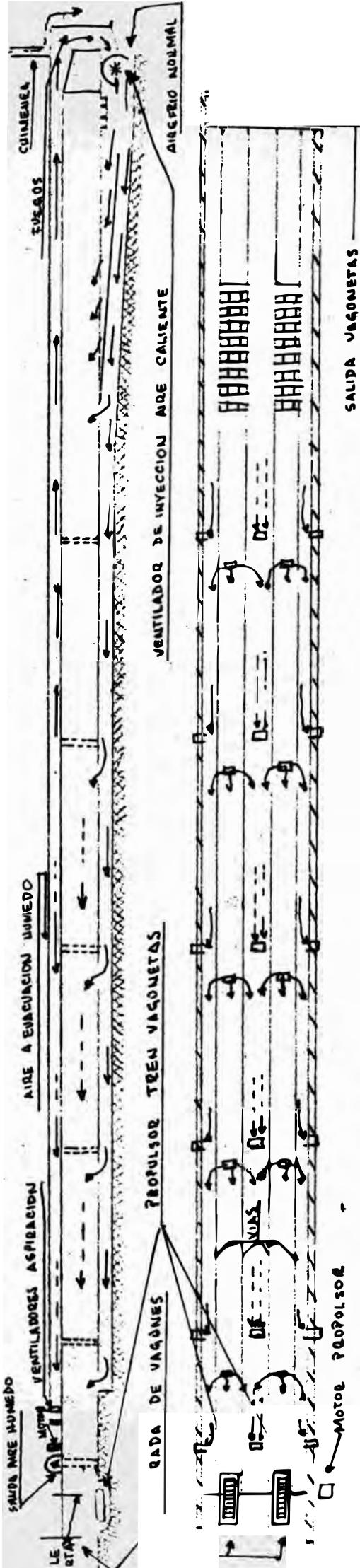


FIG. N°1

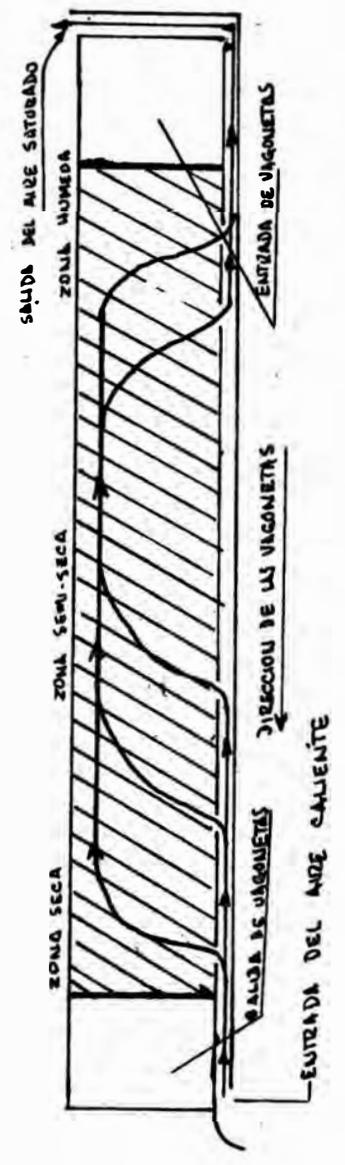


FIGURA N°

(entrada de vagonetas), zona neutra (zona central del secadero), zona seca (a la salida de las vagonetas).

1).- Zona Húmeda.- En esta zona el aire llega saturado con 100% de humedad relativa, lo que contribuye a formar un ambiente húmedo alrededor de las piezas que hace que no se produzcan roturas.

2).- Zona Neutra o Central.- La humedad relativa del aire en esta zona tiene alrededor de 60%, al entrar las piezas en esta zona han perdido buena parte de su humedad, que guarda relación con el porcentaje de humedad del aire que es más seco en la primera zona.

3).- Zona Seca.- En esta zona el aire solo contiene la humedad del ambiente y es por donde ingresa el aire caliente.

El secadero túnel es muy versátil y puede ser manejado de acuerdo a las necesidades de producción, como son: forma de las piezas, clase de arcilla, etc. El secado normal de ladrillos huecos dura de 28 a 36 horas. En la Fig. 2 podemos apreciar la circulación del aire en los secaderos túnel.

d).- COCCION

La cocción de los ladrillos consiste en calentar estos hasta el punto de fusión de sus elementos integrantes, esto provoca los cambios físicos y químicos neces

rios para obtener las características de dureza, forma, color, durabilidad y calidad estructural deseadas.

En el presente proyecto se ha considerado el horno túnel ICAM para efectuar la cocción de los ladrillos; este horno ha sido escogido por presentar las siguientes ventajas con relación a otros hornos de operación continua, (Hoffman, Anular y de Brazos).

1).- Facilidad para realizar las operaciones de carga y descarga.

2).- Fácil obtención y mantenimiento de una curva de cocción predeterminada en relación con el tipo de arcilla a cocer.

3).- Condiciones de trabajo extraordinariamente favorables por medio de pulsadores y sus vagonetas.

4).- Zona de fuego fija.

5).- Mayor cantidad de calor recuperable para el secaje.

6).- Zona de cocción revestida de refractarios que refracta calor al interior de la galería, mínimo número de puertas lo que hace que exista menos pérdidas de calor, una cocción uniforme, tiempo mínimo perdido en operaciones de aportura y cierre de puertas.

7).- Menor tiempo de cocción por alcanzar mayores temperaturas.

8).- Menor costo de mano de obra y mayor porcentaje de producción de primera calidad y mayor capacidad de producción a igualdad de capital invertido.

9).- Menor consumo específico medio de combustible.

Las ventajas expuestas hacen que el horno túnel sea considerado superior sobre otros sistemas de cocción usados en la industria ladrillera.

El horno túnel no es más que un largo túnel construido con ladrillos refractarios y piezas cerámicas comunes, provisto de varios quemadores para la producción y aplicación de calor y ventiladores que hacen circular el aire caliente hacia los lugares adecuados. La carga y descarga de piezas al horno se realiza por medio de vagonetas. La temperatura varía desde un extremo al otro; pero se mantiene constante en cada punto (isoterma). La cocción de los ladrillos se realiza por medio de gases calientes que se hallan a elevada turbulencia. La transmisión de calor en el horno se realiza por conductibilidad, convección y por radiación, siendo esencialmente esta última la principal, ya que la convección (contacto directo) es muy pequeña comparándola con la radiación. Cuando los gases formen más remolinos la transmisión de calor será más eficiente lo que indica que hay que evitar la formación de capas o estratos de gases fríos. Los gases de combustión se mantienen a pre -

sión (1 a 2 mm. de aire). Teóricamente se puede dividir el horno túnel en tres zonas ideales: precalentamiento, cocción y enfriamiento, Figs. 3 y 4. Estas tres zonas, en el orden mencionado, tienen longitudes relacionadas entre sí por la proporción 9 : 5 : 7, cuando se trata de temperaturas de cocción entre los conos 5 y 10, aproximadamente (1,100° - 1,300°).

Las piezas que penetran en el horno necesitan una preparación que a su vez puede dividirse en varias fases:

1).- Calentamiento de las piezas; el calentamiento de piezas permite eliminar el agua que queda del amasado, se produce de 0° - 100°C, tiene lugar la evaporación de la humedad residual del secaje, no debe ser ni muy rápida, ni muy lenta, porque en el primer caso se produciría una formación de vapor demasiado violenta que ocasionaría roturas en las piezas, mientras en el segundo se presentarían condensaciones de agua en las regiones más frías del horno con evidentes inconvenientes.

2).- A los 125° evaporación del agua de amasado.

3).- A los 350°C, calcinación y eliminación del agua de constitución.

4).- De 500°C a 700°C, preparación con medianas temperaturas (color rosado a rojo oscuro). En el rango

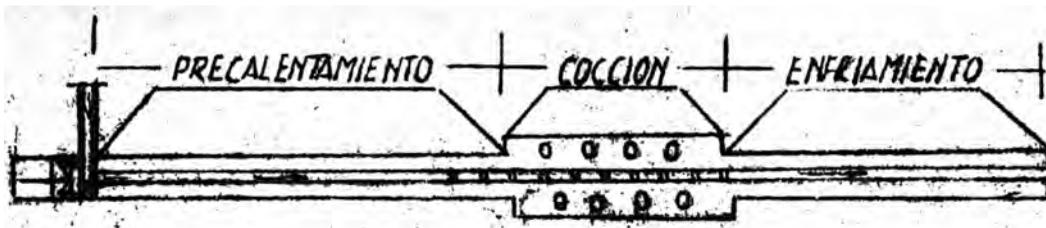


FIG N° 3

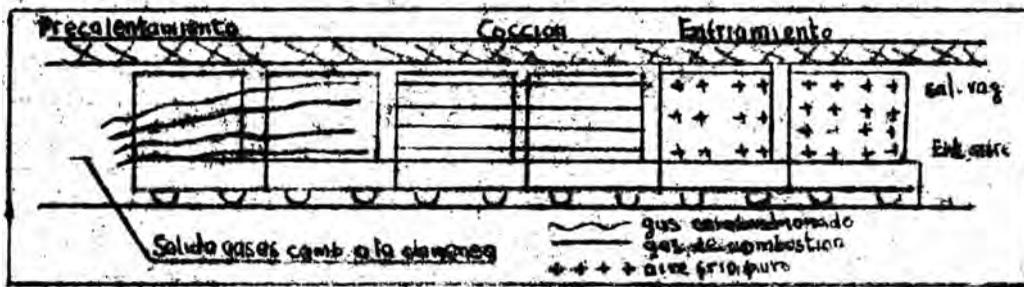


FIG N° 4

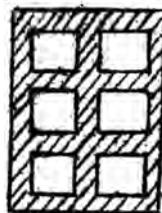


FIG N° 5

de temperaturas comprendido entre los 100°C y 700°C se produce una contracción sensible y es preferible que este período de temperatura sea de larga duración para dar lugar a que el agua salga del interior de las piezas.

5).- De 700°C a 900°C, cocción (rojo claro). Se inician y en parte se completan las diversas reacciones entre silicatos, se procura que la temperatura llegue al interior del material a fin que las transformaciones físicas y químicas sean homogéneas en toda la masa del producto.

6).- Vitricación, temperatura en relación a la calidad de las arcillas; pero puede considerarse una temperatura entre 900°C y 1000°C.

La vitricación equivale a una incipiente infusión de la masa del ladrillo, y el tiempo expuesto del ladrillo a la fusión debe ser suficiente pero breve, ya que de persistir la temperatura capaz de fundirlo, el ladrillo se deforma y pierde resistencia.

Es importante tener en cuenta el color que toman los ladrillos a las diferentes temperaturas, si bien cada arcilla tiene un punto de fusión diferente en cuanto a grados de temperatura, en cambio todas las arcillas responden al mismo color. Cuando el ladrillo es sometido a la temperatura de vitricación toma un color limón, esta temperatura alcanza en la zona de cocción, siendo la fase de vitricación la más

importante, ya que es cuando se produce la reacción química que altera su propia constitución. Todo el resto de fases, son físicas en cuanto a caldeoamiento, cambio de volumen, etc., pero cuando se alcanza el punto de fusión, los diversos componentes de la arcilla, sufren una transformación química, que es la que produce la cocción del ladrillo, variando totalmente sus características iniciales esenciales, dándole una resistencia definida y proporcionándole el color y forma definitiva e inalterable, interviniendo principalmente dos factores que son: temperatura y tiempo.

Al operar los hornos túnel hay que tener en cuenta:

1).- Relación de velocidad y Peso: Se refiere al avance de las piezas a través del horno túnel en un período de tiempo y el incremento de temperatura que se produce a medida que se acercan a la zona de cocción, toda esta se relaciona a la operación de combustión y al tiro existente en el horno.

2).- Velocidad de Cocción: Tratar de cocer todas las piezas por igual en toda su masa eliminando el desperdicio de tiempo.

3).- El aire y la uniformidad de la cocción: Mantener el trabajo del horno en forma regular de tal manera que se consiga una uniformidad en la cocción para lo cual deben trabajar los quemadores de fuel-oil regulando el cau

dal de aire y fuel-oil en forma continua y homogéna, de tal manera que se logre equilibrar las diferentes fases de la cocción.

4).- Control de Temperaturas: Es necesario para poder determinar las temperaturas de trabajo en las diferentes zonas del horno, y así poder controlar en forma más eficiente la marcha de éste. Para realizar este control se colocan aparatos de medición de temperaturas (pirómetro) en las diversas zonas del horno Figs. 6 y 7.

Durante el régimen de marcha del horno hay que tratar de mantener una llama oxidante, que se caracteriza por ser clara y sin humo. Para mantener la producción se tendrán las vagonetas cargadas de ladrillos en constante circulación de acuerdo al régimen establecido para lo cual el horno tiene un mecanismo de impulsión que se encuentra en el interior del túnel.

5.- CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO OBTENIDO

El ladrillo utilizado como base en este proyecto es el ladrillo doble hueco (Fig. 5) cuyas características son:

Longitud	250 mm.
Altura	120 mm.
Ancho	90 mm.

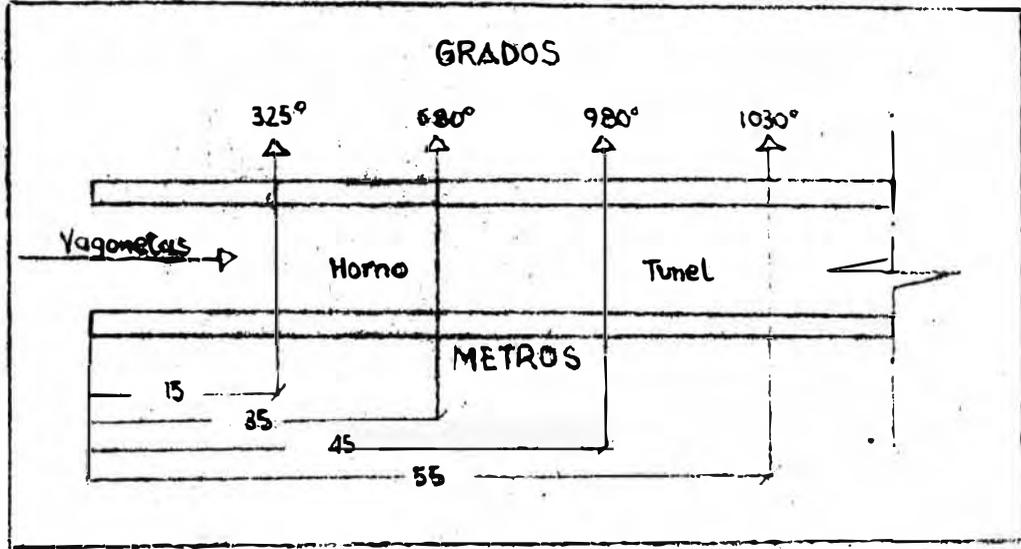


FIG N°6

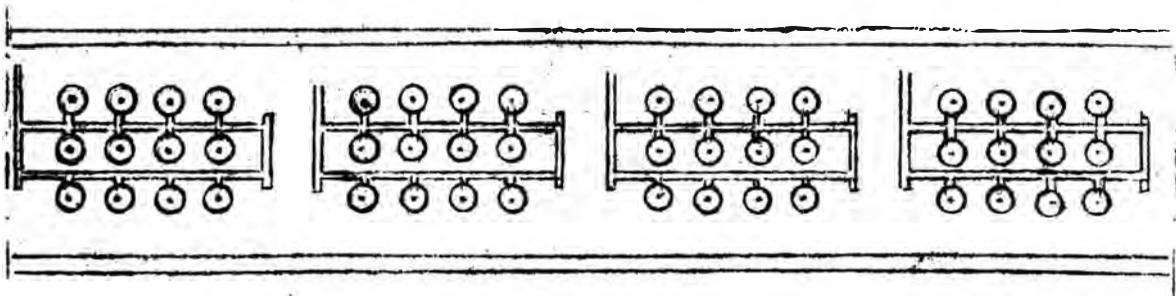


FIG N°7 .

Espesor paredes 1 cm.
Peso (seco) 3 kg.
Color Rojo arcilla

El color rojo es el resultado de la acción de la cocción sobre los óxidos de hierro que contiene la arcilla. A continuación presentamos los colores de incandescencia de la arcilla:

C O L O R	TEMPERATURA
Rojo naciente	525º
Rojo Oscuro	700º
Rojo Cereza	850º
Rojo Claro	950º
Amarillo	1,100º
Blanco naciente	1,300º
Blanco completo	1,500º

Podemos decir que las características generales de todo buen ladrillo son: un moldeo perfecto, una ausencia completa de grietas, buena cocción tanto muy sonoro a la percusión, una estructura porosa, agarrar bien el mortero y no contener sales solubles.

Las tolerancias admitidas para las dimensiones de los ladrillos son de 6 mm. en longitud y ancho, y de 3 mm.

para el espesor.

a).- PROPIEDADES FISICAS

Las siguientes propiedades físicas de los ladrillos se pueden considerar como los principales:

1.- Capacidad de absorción del agua

Está determinada por el aumento de peso de los ladrillos cuando se sumergen en agua limpia.

El ensayo de absorción del agua se hace sobre cinco ladrillos completos como mínimo . Las muestras se secan hasta peso constante a 100 - 105º, para lo cual la sensibilidad de la balanza debe ser como mínimo 0.5%. Los ladrillos secos se sumergen totalmente en agua blanda destilada, o de lluvia a una temperatura de 15 - 30º y durante cinco horas luego se sacan los ladrillos y se pasa con un trapo, pesándolos seguidamente. El % de absorción se determina por la fórmula siguiente:

$$P = \frac{100 (b-a)}{a}$$

a = Peso ladrillo seco

b = Peso ladrillo impregnado de agua.

2.- Peso Específico

Para hallar el peso específico se supone que la pieza es homogénea y sin oquedad o poro alguno, se tritura

el material de ladrillo en cuestión hasta obtener una granulación del orden de 0.09 a 0.2 mm, se seca a 100° - 110°C y se determina el peso específico en un volúmetro, o en un picnómetro. En este caso la molienda del material debe llevarse hasta un tamiz de 10,000 mallas por cm² ().

3.- Peso Específico Aparente

Es el peso de la unidad de volumen del ladrillo con todas sus oquedades y porosidades, y se determina por el agua que desplaza al sumergir la masa del ladrillo hasta que se encuentre completamente impregnado de agua.

4.- Porosidad

Se considera como porosidad de un ladrillo la suma de todos los espacios huecos de una pieza y se distingue dos tipos de porosidad: La aparente constituida por los poros abiertos, y la verdadera que involucra los poros abiertos y cerrados.

La porosidad puede calcularse en función de los pesos específicos real y aparente en relación con la capacidad de absorción de agua.

5.- Eflorescencia

La eflorescencia es nociva en la fabricación de ladrillos y son producto de sales solubles, tales como: sulfatos, carbonatos, y raramente cloruros o combinaciones de vanadio. Se dan casos en que algunas sales aparte de malg

grar el aspecto que ofrece la obra pueden atacar a los morteros y materiales empleados.

6.- Resistencia a la Tracción y a la Flexión

Las normas americanas determinan que los ensayos se efectuarán sobre 10 ladrillos como mínimo, en general se toman dos muestras de 10 ladrillos cada una por cada 100,000 ladrillos; pero si la cantidad de piezas excede de 500,000 se tomará una muestra de 10 ladrillos por cada 100,000.

b).- TIPOS DE LADRILLOS

Los ladrillos desde el punto de vista fabril, podemos clasificarlos en:

L A D R I L L O S		DIMENSIONES EN mm.
Ordinarios	Común	280 x 140 x 45
	Jarama	270 x 130 x 50
	Macizo	290 x 140 x 41
	Mediano	290 x 140 x 24
Huecos	Doble	290 x 140 x 100
	Tabicón	290 x 140 x 75
	Hueco	290 x 140 x 40
		250 x 120 x 90
Vitrificados		

c).-ESPECIFICACIONES CONOCIDAS

En cuanto a ladrillos macizos king-kong según la cámara de la construcción en el Perú se conocen:

CLASE LA LADRILLO	RESISTENCIA A LA COMPRESION (kg/cm ²)		RESISTENCIA A LA TRACCION (kg/cm ²)	
	PROM.DE 5 ENSAYOS	MINIMO DE 1 ENSAYO AISLADO	PROM.DE 5 ENSAYOS	MINIMO DE 1 ENSAYO AISLADO
A	300 o más	250	42 o más	28
B	175 á 300	140	30 o más	21
C	90 á 175	70	20 o más	14

CAPITULO III

A.- INGENIERIA DEL PROYECTO

1.- Cálculos de Ingeniería:

Para efectuar los cálculos correspondientes se de be tener en cuenta que el grupo de maquinaria que comprende desde la preparación de materia prima hasta el moldeo debe trabajar en jornadas de doce horas no así el secadero y el horno que trabajarán ininterrumpidamente durante las veinticuatro horas.

a).- Balance de Materias:

Para determinar el balance de materias se ha toma do como unidad de producción 1,000 ladrillos que es lo usualmente utilizado en esta industria.

El procedimiento seguido para efectuar los cálcu- los se muestran a continuación:

CALCULO DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCION

Capacidad por hora de la máquina moldeadora	4,500	piezas
Tiempo de trabajo en ho- ras diarias (tolerancia de un 12.5% por concepto de tiempo perdido por el personal)	8.75	horas
Ladrillos fabricados por día	39,375	ladrillos
Menos: pérdida del 0.5% en el secado y horneado	197	ladrillos

Producción neta diaria	39,178	ladrillos
Producción neta por semana de seis días de trabajo (60 horas)	235,068	ladrillos
Producción anual neta por cada 1,000 unidades	11,949	millares

MATERIAS PRIMAS

ARCILLA

Se tiene una producción (bruta) diaria de 39,375 ladrillos de 3 kg. cada uno, de donde se tiene:

$$\begin{aligned} &= 118,125.00 \text{ kg/día} \\ &= 120.00 \text{ T.M./día} \\ &= 36,600.00 \text{ T.M./año} \end{aligned}$$

AGUA

Aproximadamente se utilizan 5 dm³ de agua por cada 20 kg. de arcilla (25% agua)

$$\begin{aligned} 118,125 \text{ kg. de arcilla diarias} / 20 &= 59,062.50 \text{ dm}^3 / \text{día} \\ &= 18,014.00 \text{ m}^3 / \text{año.} \end{aligned}$$

ARENA

Se puede estimar que la arena a usarse será 2% con relación al peso de cada ladrillo, es decir:

$$60 \text{ Kg} / 1,000 \text{ ladrillo} = 0.06 \text{ Kg} / \text{ladrillo}$$

$$\begin{aligned} \text{Si tenemos } 39,375 \text{ ladrillos al día} \times 0.06 &= 2,362.50 \text{ Kg/día} \\ &= 720,562 \text{ T. M./año.} \end{aligned}$$

BALANCE DE MATERIAS

MATERIALES	CANTIDAD ANUAL	CANTIDAD MENSUAL
Arcilla	36,600.00 T.M.	3,050.00 T.M.
Agua	18,014.00 m ³ .	1,501.20 m ³ .
Arena	720.56 T.M.	60.05 T. M.

b).- Diseño del Equipo:

Siendo una planta industrial, los equipos básicos y más importantes, guardarán relación directa con la capacidad de la planta proyectada.

1).- Alimentador mezclador de arcilla.- Se toma como base una alimentación de 35 T.M./hora, en el grupo de máquinas, para cumplir con esta capacidad se encuentra en Catálogos una máquina de las siguientes características:

Longitud de la caja 6.5 m., ancho de la caja 0.70 m. y altura 0.70 m.

2).- Triturado de arcilla.- Se requiere un molino desmenuzador con capacidad de 30 T.M./hora para lo cual tenemos los siguientes datos:

(W) Ancho de la ranura en m. = 0.015 m.

(R) Coeficiente o grado de rendimiento = 0.12

(V) Velocidad periférica (platos) = 2.0 m/seg.

(X) Peso específico aparente (arcilla) = 2 T.M./m³.

Para dimensionar el molino desmenuzador, aplicamos la fórmula siguiente:

$$L = WBV 3,600 \quad (1)$$

$$L = \frac{Q}{\gamma}$$

L = Producción en m³/h.

Q = Producción en T.M./h.

B = Longitud de los rodillos rompedores.

$$L = \frac{30}{2} = 15 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Reemplazando valores en (1)

$$15 = 0.015 \times B \times 0.21 \times 2 \times 3,600$$

$$15 = 0.015 \times 0.42 \times 3,600 \times B$$

$$15 = 0.0063 \times 3,600 \times B$$

$$15 = 22.68B \approx 23 B$$

$$B = \frac{15}{23} = 640 \text{ mm.}$$

$$B = 640 \text{ mm.}$$

Para una máquina trituradora con capacidad de 30 T.M./hora y 640 mm. de longitud, corresponden rodillos rompedores de \varnothing 450 mm. de diámetro (según tablas)

3).- Molino Laminador.- Se desea determinar las características de un molino de rodillo capaz de tratar 30 T.M./ hora, para lo cual se cuenta con los siguientes datos:

(W) Ancho de la ranura en m (3/4 tamaño granulométrico final = 0,002 m.

(V) Velocidad periférica de los rodillos = 5 m/seg.

(η) Coeficiente o grado de rendimiento = 0.75

(γ) Peso específico aparente del material = 2 T.M./m³.

Aplicando la fórmula conocida para este tipo de máquinas:

$$L = WBV 3,600 \quad (1)$$

$$L = \frac{Q}{\gamma}$$

$$L = \frac{30}{2} = 15 \text{ m}^3/\text{h.}$$

Reemplazando valores en (1)

$$15 = 0,002 \times B \times 5 \times 3,600 \times 0.75$$

$$15 = 0,010 \times 3,600 \times 0.75 \times B$$

$$15 = 27 B$$

$$B = \frac{15}{27} = 0,55 \quad 0.60$$

$$B = 600 \text{ mm.}$$

Se encuentra en Catálogos que para una producción de 30 T.M. y una longitud de rodillos de 600 mm., el diámetro de los cilindros será de \emptyset 90mm.

4).- Amasado.- Se requiere una máquina que pueda tratar unas 15 T.M./hora para lo cual se tiene que el factor *que* incide principalmente en la producción de las amasadoras es

el ancho de la cuba, la cual debe guardar relación con la producción de las piezas. Se ha determinado por la experiencia de fabricantes de maquinaria que la longitud normal de las cubas de las amasadoras debe oscilar entre 2 y 2.5 m. esta medida puede considerarse como constante. Si consideramos el largo de la cuba 2.30 m. se encuentra en los Catálogos que para la producción requerida, la cuba deberá tener un ancho de 0.80 m., con un diámetro de palas de \emptyset 0.455 m.

5).- Moldeo.- Para la operación de moldeo se ha adoptado una máquina de prensa al vacío capaz de producir 4,500 ladrillos huecos por hora. De acuerdo a Catálogos se determina una máquina que tenga un diámetro de hélices de \emptyset 450 mm. y una longitud de 2,970 mm., con una bomba de vacío con capacidad de 100 m³/hora de anillo de agua. Además tendrá una boquilla para ladrillos huecos hecha de acero cromo-manganeso, con bridas de sujeción a la máquina de moldeo.

6).- Cortadora.- Esta máquina está en relación a la producción de moldeo, que como mínimo debe cortar unos 4,500 ladrillos huecos. Se encuentra que la cortadora más conveniente es una que tenga una velocidad media de corte de 6,000 ladrillos huecos/hora, y tiene las siguientes características: medida mínima de corte en longitud 45

mm., medida de corte de longitud 1,500 mm., largo 2,200 mm., ancho 900 mm., altura máxima 1,000 mm. y altura mínima 700 mm. Además esta máquina trabajará con un transportador de ladrillos cortados.

7).- Secadero.- Para secar 100 T.M. de material cerámico se necesita un horno de secado de doble galería, cada galería con las siguientes dimensiones: Largo = 75 m x ancho = 3m x alto = 1.50 m. Este horno para hacer circular el aire requiere de ventiladores.

Cantidad de Aire Necesaria.-

De acuerdo al balance de materias sabomos que en veinticuatro horas se producirán 39.178 ladrillos, que antes del proceso de secado tienen 25% de humedad y después 5%. Se van a secar 100.00 T.M. (100,000.00 Kg.) de material cerámico en 24 horas:

Humedad a extraer = 20% agua a eliminar

Agua a eliminar = 100,000 x 20 = 20,000.00 Kg.

100

Asumiendo que:

Temperatura del aire a la entrada del
secadero = 90°C.

Temperatura del aire a la salida del
secadero = 30°C.

Temperatura del aire ambiente = 15°C.

La temperatura del aire a la salida del secadero es

de 30°C, a esta temperatura la saturación permite que cada metro cúbico de aire contenga 39 gramos de agua. De estos 39 gramos hay que descontar el agua que ya contenía el aire antes de entrar en el secadero, si consideramos que en un momento se ha utilizado para calentarlo aire ambiente que se encuentra a 15°C con una humedad relativa de 50% que determina que en cada metro cúbico de aire utilizado se tiene 6.0 gramos de agua, las cuales hay que descontar de los 39 gramos que contiene el aire saturado a la salida, resultando que por cada metro cúbico de aire que sale saturado, evacuamos 33 gramos de agua.

Para evaporar 20,000 kg. de agua se necesitará un caudal de aire en veinticuatro horas de :

$$\frac{20,000,000}{33} = 606,060 \text{ m}^3/\text{día}$$

Si consideramos que en el secadero existen pérdidas de carga se tomará un aumento de aire del orden de 30% más, luego el caudal necesario de aire será:

$$\begin{aligned} 606,060 + \frac{606,060 \times 30}{100} &= 606,060 + 181,818 = 787,878 \text{ m}^3/\text{día.} \\ &= 787,878 \text{ m}^3/\text{día.} \end{aligned}$$

$$\frac{787,878}{24} = 32,828 \text{ m}^3/\text{hora}$$

De donde se tiene que por cada galería circula 16,414 m³/hora, por tanto habrá que determinar la potencia

de un ventilador que garantice el caudal de aire necesario para cada vía del secadero.

Para calcular la potencia del motor del ventilador sabemos que por cada HP. se requiere 1,500 m³/hora

$$\frac{16,414}{1,500} = 10.94 = 11 \text{ H. P.}$$

La potencia del ventilador será de 11 HP por galería.

8).- Horno Túnel.- Se requiere un horno túnel con capacidad para 100 T.M./día de material cerámico (ladrillos). De acuerdo a un estudio en forma de tablaguía respecto al consumo de combustible en relación con el volumen de los hornos túnel confeccionado por el "Bureau Internacional D' etudes Techniques Céramiques " podemos hacer los siguientes cálculos:

Para un horno túnel de 100 T.M./ día, de acuerdo a la tabla, se requiere un volumen de 350m³. Este horno teóricamente deberá consumir 3,970 litros de fuel-oil por día o sea 39.70 litros/ T.M. cocida.

Antes de calcular las dimensiones del horno, es necesario previamente determinar el ancho. Se ha considerado dos tipos de ancho standard, y son: 2.70 m. y 1.80 m. Debido a la capacidad del horno podemos considerar a este como grande por lo que escogeremos para el ancho la medida

de 2.70 m.

Ancho del horno = 2.70 m.

La altura se calcula de acuerdo a una relación ideal entre longitud del horno y la altura del ladrillo estibado, esta relación es igual a 100; pero en la práctica este valor se considera entre 70 y 90, en nuestro caso tomaremos el término medio de estos valores que es 80.

$$\frac{\text{longitud horno}}{\text{altura ladrillo estibado}} = 80$$

Longitud horno = 80 x altura ladrillo estibado de donde se tiene:

Volumen = ancho x altura x longitud

Reemplazando valores:

$$350 = 2.70 \times h \times (80 \times h)$$

$$350 = 2.70 \times 80 \times h^2$$

$$h^2 = \frac{350}{2.70 \times 80} = \frac{350}{216} = 1.62$$

$$h = \sqrt{1.62} = 1.27 \text{ m.}$$

$$h = 1.27 \text{ m.}$$

Longitud teórica del horno = 80 x 1.27 = 101.60 m.

En la práctica se establecerá una altura de estiba de 1.30 m. con una longitud del horno de 100 m.

$$\text{Horno} = 100\text{m.} \times 2.70 \text{ m.} \times 1.30\text{m.}$$

Si tenemos que el material dejando espacios vacíos entre pieza y pieza para la circulación de gases calientes o cupa un volumen de 540 kg/m³ y si el área de la sección de las vagonetas es de 6.72 m², siendo la sección útil de carga 4.71 m².

$$\text{Producción horaria} = \frac{100,000 \text{ kg.}}{24} = 4,166 \text{ kg/hora}$$

$$\text{Producción en volumen} = \frac{4,166}{540} = 7.71 \text{ m}^3/\text{hora}$$

$$\begin{aligned} \text{Avance de la Vagoneta} &= \frac{\text{Producción en volumen}}{\text{Sección útil vagonetas}} \\ &= \frac{7.71}{4.71} = 1.64 \text{ m/h.} \\ &= 1.64 \text{ m/h.} \end{aligned}$$

C).-- BALANCE DE ENERGIA

<u>OPERACION</u>	<u>TIPO DE MAQUINA</u>	<u>CAPACIDAD</u>	<u>HORAS TRÁ</u> <u>BAJADAS</u> <u>POR DIA</u>	<u>HP</u>
Alimentación y Mezclado de materia prima.	Alimentador mezclador ADM-B-3 ICAM	35 T.M./hor.	12	4
Trituración	Desmenuzador de dos cilindros D-60/G ICAM	30 T.M./hor.	12	24
Molienda	Molino laminador L-900 ICAM	30 T.M./hor.	12	58
Amasado	Amasadora Batidora de doble eje A-80 ICAM	12 T.M./hor.	12	25
Moldeo	Prensa de extrusión al vacío P-D2 ICAM	4,500. ladr/h.	12	58
Corte	Cortadora de ladrillos LC-600 IPIAC	12,000 pzs/h.	12	1
Secado	Horno continuo de secado con todos sus accesorios	100 T.M./día	24	35
Cocción	Horno túnel HTI-32 con todos sus elementos necesarios	100 T.M./día	24	69
Iluminación y servicios	-	-	24	14
Máquinas Herramientas	-	-	12	15
Bombas	-	-	12	15

Para obtener los consumos de energía se ha dividido la demanda en dos grupos: el primero comprende la necesidad de energía de máquinas y servicios que trabajan doce horas, y el segundo, máquinas y servicios que operan las veinticuatro horas; así tenemos:

Demanda de máquinas y servicios que operan 12 horas (200HP)

$$200 \times 0.75 \times 12 = 1,800 \text{ kw-h.}$$

Si consideramos que la planta proyectada trabajará durante 305 días al año con un rendimiento del 80%, el cálculo será:

$$1,800 \times 305/0.8 = 549,000/0.8 = 686,250 \text{ kw-h/año}$$

Demanda de máquinas y servicios que operan 24 horas (118 HP)

$$118 \times 0.75 \times 24 = 2,116.8 \text{ Kw-h.}$$

$$2,117 \times 305/0.8 = 645,624/0.8 = 807,030 \text{ kw-h/año.}$$

Finalmente el total de la potencia necesaria para el proyecto será de:

Máquinas y servicios que trabajan 12 horas 686,250 kw-h/año

Maquinas y servicios que trabajan 24 horas 807,030 kw-h/año

TOTAL : 1,493,280 kw-h/año
=====

La energía requerida será suministrada por la actual planta eléctrica de la localidad y la nueva planta que

está por entrar en operación.

D).- BALANCE TERMICO

1) Secado:

Material cerámico a secar = 100 T.M./día con 25%
humedad

Humedad a extraer = 20%

Agua a eliminar = $\frac{100,000}{100} \times 20 = 20,000 \text{ kg.}$

Temperatura del aire a la entrada del secadero = 90°C

Temperatura del aire a la salida del secadero = 30°C

Temperatura del aire ambiente = 15°C

El calor necesario total a suministrar será la suma de:

Calor necesario para evaporar el agua = (C_1)

$$C_1 = P_a \times V_a$$

P_a = Peso del agua que se debe eliminar

V_a = Calor de vaporización del agua

Reemplazando valores

$$\begin{aligned} C_1 &= 20,000 \times 636 \\ &= 12,700,000 \text{ kcal.} \end{aligned}$$

Calor necesario para calentar las piezas = (C_2)

$$C_2 = P_p \times C_c \times (t_m - 0)$$

donde:

P_p = Peso de las piezas (10,000 kg)

C_c = Calor específico de la pasta cerámica (0,2)

O = Temperatura inicial (15°C)

t_m = Temperatura media (60°C)

Sustituyendo valores tendremos:

$$C_2 = 100,000 \times 0.2 \times (60-15)$$

$$C_2 = 20,000 \times 45 = 900,000 \text{ Kcal.}$$

$$C_2 = 900,000 \text{ Kcal.}$$

$$\begin{aligned} \text{Calor a suministrar al secadero} &= 12'700,000 + 900,000 \\ &= 13'600,000 \text{ Kcal.} \end{aligned}$$

Si consideramos que las pérdidas de calor por transmisión, calentamiento previo del secador, calentamiento de las vagonetas, etc. suman en total alrededor de 15% del calor necesario a suministrar al secadero.

$$\text{Pérdidas de calor} = 2'040,000 \text{ Kcal.}$$

Calor total necesario a suministrar al secadero =

$$15'640,000 \text{ kcal.}$$

$$= 15'640,000 \text{ kcal.}$$

El calor suministrado al secadero será el que aporte el aire caliente, y es:

$$C_3 = V (T - O) \times C$$

Donde:

V = Volumen de aire necesario para evaporar el agua.

T = Temperatura del aire de entrada en el secadero (90°C).

$C = \text{Calor absorbido por cada m}^3 \text{ de aire para aumentar } 1^{\circ}\text{C} \text{ (kcal) (0.265)}$

Sustituyendo valores:

$$C_3 = 787,878 \times (90-15) \times 0.265$$

$$C_3 = 787,878 \times 75 \times 0.265$$

$$C_3 = 787,878 \times 19.87 = 15'655,135.00 \text{ kcal.}$$

Resumiendo tenemos que, para secar 100 T.M. de arcilla con 25% de humedad para eliminar 20%, en veinticuatro horas, se necesitan:

Calor suministrado

15'655,135.00 kcal

Calor total necesario para el secado

15'640,000.00 kcal.

Exceso de calor :

15,135 kcal.

2) Cocción

Tenemos que los productos ingresan al horno túnel con 5% de humedad y la temperatura de cocción es de $1,000^{\circ}\text{C}$. Para realizar el balance térmico del proceso de cocción primeramente se va a determinar la cantidad de calor a suministrar:

Calor de calentamiento del material (Q_r)

$$Q_r = 0.23 \times 100,000 \times (1-0.05) \times (1,000-20)$$

$$Q_r = 0.23 \times 100,000 \times 0.95 \times 980$$

$$Q_r = 23,000 \times 0.95 \times 980$$

$$Q_r = 21,850 \times 980 = 21'413,000 \text{ kcal.}$$

Calor necesario para evaporar el agua (Q_v)

$$Q_v = 636 \times 100,000 \times 0.05$$

$$Q_v = 636 \times 0.05 \times 10^5$$

$$Q_v = 31.80 \times 10^5 = 3'180,000 \text{ kcal.}$$

$$Q_v = 3'180,000 \text{ kcal.}$$

Calor de transformación (Q_f)

$$Q_f = 60 \times 100,000 \times (1-0.05)$$

$$Q_f = 60 \times 95,000 = 5'700,000 \text{ kcal.}$$

$$Q_f = 5'700,000 \text{ kcal.}$$

La suma de las cantidades serán las kilocalorías que se necesitan por día o sea:

$$21'413,000 + 3'180,000 + 5'700,000 = 30'293,000 \text{ Kcal.}$$

Pero en el proceso de cocción existen pérdidas consideradas de calor, siendo las más importantes las siguientes:

Pérdida de calor por absorción del material:

Si asumimos que el material sale del horno a 55°C , la pérdida de calor correspondiente a la absorción es:

$$= 0.20 \times 100,000 \times (55-15)$$

$$= 800,000 \text{ kcal.}$$

Pérdida de calor por combustión completa: Se puede considerar que la pérdida de calor por combustión completa es alrededor de 12% del calor necesario por día.

$$= 30'293,000 \times 0.12 = 3'635,160 \text{ kcal.}$$

Pérdida de calor arrastrado por los gases que van a la chimenea: La pérdida de los gases que van a la chimenea puede ser considerada en 16% del calor necesario por día.

$$= 30'293,000 \times 0.16 = 4'846,880 \text{ kcal.}$$

Pérdida de calor a través de las paredes del horno: La pérdida a través de las paredes del horno son por convección y radiación, considerándose que la pérdida total de calor es del orden de 31% del calor necesario por día.

$$= 30'293,000 \times 0.31 = 9'390,830 \text{ kcal.}$$

Existen otras pérdidas de menos consideración que podemos admitir en conjunto representan un 3% del calor necesario por día.

$$= 30'293,000 \times 0.03 = 908,790 \text{ kcal.}$$

Resumiendo tenemos que, para 100 T.M. de material cocido en veinticuatro horas, se necesitan:

Calor necesario	30'293.000 kcal
Pérdidas de calor:	
Por absorción del material	800,000kcal.
Por combustión incompleta	3'635.160 "
Calor arrastrado gases de chimenea	4'846,880 "
A través de las paredes	9'390,830 "
Otras pérdidas	500,000 "
Pérdida total	19'581,660 Kcal
Calor utilizado en la cocción	<u>10'711,340 kcal</u>

El rendimiento del horno es:

$$\frac{10'711,340 \times 100}{30'293,000} = 35 \%$$

Utilizando combustible líquido el consumo de combustible por día será:

$$\frac{30'293,000}{10,000 \text{ kcal}} = 3,029.30 \text{ kg.}$$

En teoría se necesitan aproximadamente unos 500 m³ de aire para producir la ignición correcta del combustible necesario para cocer una tonelada de ladrillos a una temperatura normal de 900°C.

Además del aire necesario para la cocción de los ladrillos, se necesita aire para enfriarlos, ya que este aire no atraviesa el horno, sino que la mayor parte del mismo va a parar a los secaderos artificiales, y para enfriar una tonelada de ladrillos puede considerarse que se necesitan 1,000 m³ de aire, con lo cual ya tenemos necesidad, por el momento, de introducir 1,500 m³ en la puerta de cola del horno. Se considera un exceso de aire de 20 % que serían 300 m³ de más, con lo cual tendremos que en el horno entrarán aproximadamente 1,800 m³. por cada tonelada cocida, de los cuales deduciremos aproximadamente unos 500 m³ que irán a parar a los secaderos, con lo cual tendremos aproximadamente unos 1,300 m³ que atravesarán toda la zona de cocción, y que saldrán por la chimenea del horno túnel por cada tonelada cocida.

Cantidad de aire necesario para la coción por día = $1,800 \times 100 = 180,000 \text{ m}^3/\text{día}$.

Cantidad de aire por hora = $\frac{180,000}{24} = 7,500 \text{ m}^3/\text{hora}$.

2.- Especificaciones Generales del Equipo

- a)- Alimentador Mezclador lineal ADM-6 con transmisión a dos velocidades.
Reductores de engranajes de sistema continuo protegido contra el polvo.
Con motor de 4 HP. a 1,500 r.p.m.
- b)- Desmenuzador o desintegrador D-60/G compuesto por dos cilindros de diámetro de $\emptyset 450 \text{ mm}$. provisto de cuchillas recambiables recubiertas de acero al manganeso.
Eje rompe terrones, pudiendo admitir material de grandes dimensiones. Con motor de 24 HP a 100 r.p.m.
- c)- Molino laminador L-900 con cilindros de $\emptyset 900 \times 600 \text{ mm}$. de longitud. Con motor de 58 HP a 750 r.p.m.
- d)- Amasadora batidora A-80 de doble eje con palas recambiables de fundición montadas sobre ejes de acero tratado.
Cuba de 800 mm. de ancho y 2,300 mm, de largo. Con motor de 25 HP a 750 r.p.m.

- e)- Prensa de extrusión al vacío P-100 compuesta por un cuerpo mezclador, cámara de vacío y zona de compresión en la inferior. Hélices traseras de 420 mm. de \emptyset y delanteras de 340 mm. Un motor de 58 HP a 1,000 r.p.m.
- f)- Cortador IPIAC IC-600 tipo universal con motor incorporado de 1 HP.
- g)- Horno de secado de doble galería de 75 m. de longitud con dos ventiladores de 11 HP cada uno, con 45 vagonetas cada vía, la capacidad por vagoneta es de 1,040 kg. y tiene 7 estantes cada una.
- h)- Horno túnel de cocción HTI-32 de:
- | | |
|---------------------------------------|---------------------|
| Longitud útil total | 100.00 m. |
| Ancho útil de carga | 2.70 m. |
| Altura de carga media | 1.30 m. |
| Número de vagonetas | 60 unidades. |
| Medidas de las vagonetas | 2.4 x 2.8 m. |
| Carga media por vagoneta | 4/5 T.M. |
| Un pulsador hidráulico | 15 a 20 T.M. |
| Ciclo de cochura máximo previsto | 40 horas |
| Calefacción | Combustible líquido |
| Cantidad de inyectores de combustible | 27 c/u. |

Tipo de carril	22 kg/m
Material obra exterior	ladrillo cerámico macizo común
Material obra interior	ladrillo refractario excepto tramos con ladrillo macizo común.
Estructura metálica	56 grupos completos de doble "U" de 120 mm.
Consumo de combustible	350/400 calorías por kg. de material cocido.

3.- Disposiciones de la Planta e Instalaciones Auxiliares.

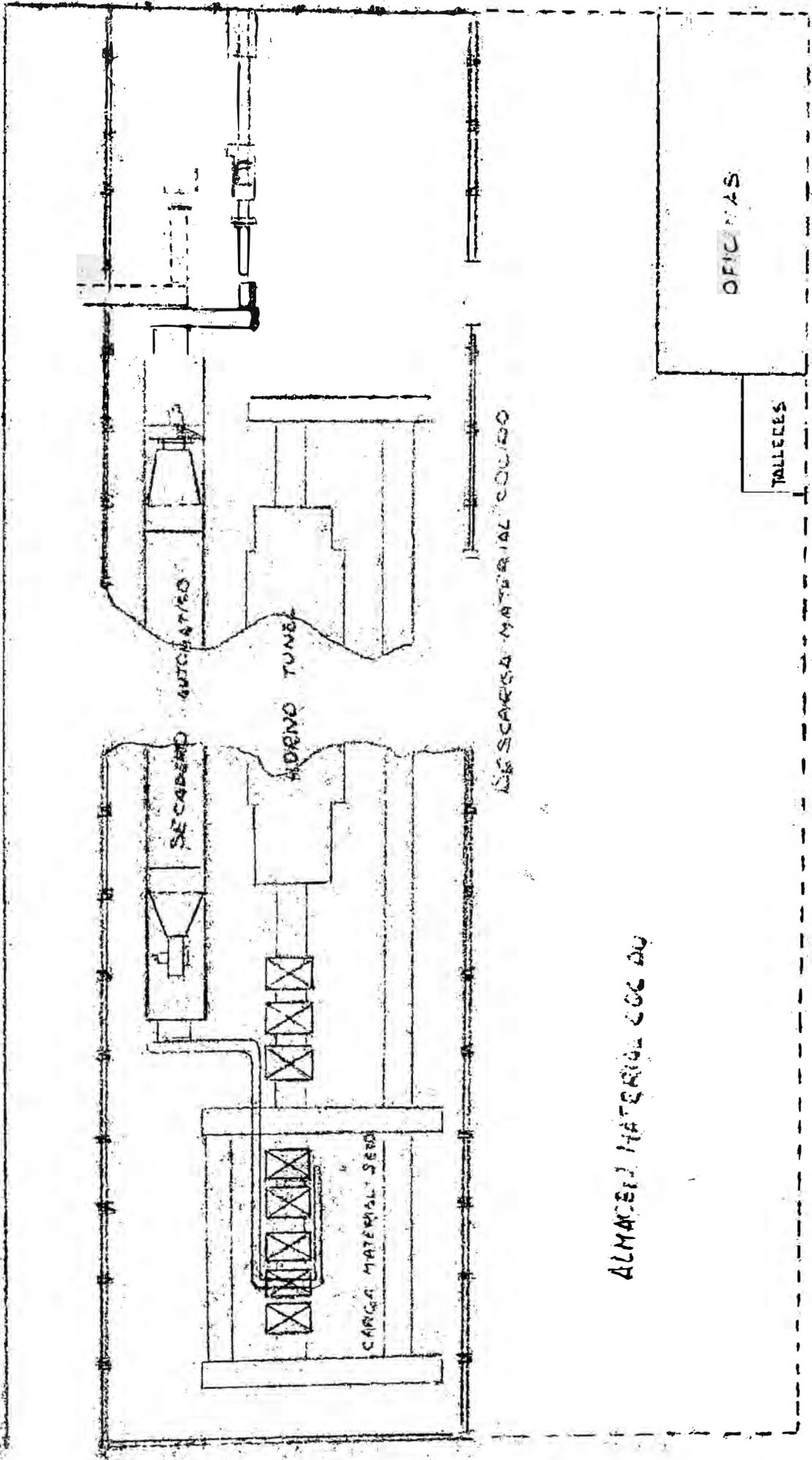
El equipo descrito estará distribuido dentro de las dimensiones básicas del terreno seleccionado.

Para este proyecto se ha considerado un terreno de 200 m x 50 m. o sea de 10,000 m² de superficie para la planta.

La arcilla ingresará directamente al grupo de maquinarias para continuar el proceso en el secador y el horno túnel que estarán colocados en forma paralela, para así facilitar la extracción y recuperación de los gases calientes del horno de cocido, el equipo de preparación de la materia prima, moldeo estarán en la parte posterior del secadero, para así poder transportar los ladrillos húmedos al secador.

Dentro del mismo terreno se ha considerado las oficinas para el control de producción, las cuales estarán ins-

DISPOSICION DE PLANTA



ALMACEN MATERIAL COCIDO

taladas a la salida del producto terminado.

4.- Consumos Unitarios

En relación a los cálculos anteriores y relacionado con la planta, los consumos unitarios son como siguen:

CONSUMOS UNITARIOS

MATERIAS	POR MES	POR MILLAR LADRILLOS
Arcilla	3.050.00 T.M.	3.00 T.M.
Arena	60.05 T.M.	60.00 Kg.
Agua	1,501.20 m ³	1.5 m ³
Petróleo	20,282.50 Gal.	20 gal.
Energía Eléctrica Kw-h	124,440 kw-h	124 kw-h
Kilo calorías	908'790,000 kcal.	771,102 kcal.

Estos cálculos son los materiales básicos que se deberán consumir en la producción de 100 T.M. de ladrillos huecos, sin embargo, debemos hacer hincapié que el equipo permitirá también producir tejas, ladrillos, king-kong, etc.

CAPITULO IV

A.- Economía General

1.- Inversiones

a) Inversión Fija

Se ha considerado las siguientes partidas:

- 1)- Terreno
- 2)- Edificios y Construcciones
- 3)- Maquinarias y Equipo
- 4)- Otros Activos
- 5)- Imprevistos

A continuación se describe y valoriza cada partida.

Se ha precisado cada una de ellas de acuerdo a la capacidad de la planta proyectada y al proceso seleccionado. La valorización está de acuerdo a los presupuestos recibidos y son vigentes para el presente año. Se ha considerado el dólar U.S. a S/ 43.44 para realizar las conversiones correspondientes:

1).- Terreno

10,000 m2 a S/ 10.00 m2 S/ 100,000.00

2).- Edificios y Construcciones

- Edificio de Planta;

1,500 m2 a S/ 500.00 /m2 S/ 750,000.00

- Edificio Oficinas y taller;

150 m2 a S/ 1,000.00/m2 S/ 150,000.00

- Edificio Almacenes (ladri
llo)

1,000 m2 a S/ 500.00/m2 " 500,000.00

Construcción de Cerco;

400 m.l. a S/ 300/ m.l. " 120,000.00 S/ 1,520,000.00

3).- Maquinaria y Equipo

a) Preparación de materias
primas:

- Una tolva de materias primas 100,000.00

- Un alimentador mezclador
lineal Mod. ADM-B-3 ICAM
con transmisión a dos ve-
locidades con solera mó-
vil, motor eléctrico, jue-
go de carriles tensores,
polea escalonada, tres
correas trapezoidales.
Precio C.I.F. Matarani
más gastos de aduana

U.S.\$ 4,069.85 " 176,794.28

- Un molino desmenuzador

Mod. D-60/G- ICAM, compues-
to por dos cilindros, pro-
visto de cuchillas recambia-
bles recubiertas de acero
al manganeso, con motor

eléctrico, juego de carriles tensores, polea ranurada y seis correas trapezoidales.

Precio C.I.F. Matarani,
más gastos de aduana U.S.
\$ 8,500.80 " 369,274.75

- Un molino laminador Mod.L-900 ICAM, de construcción serie pesada con cilindros, motor eléctrico, juego de carriles tensores, polea ranurada, diez correas trapezoidales.

Precio C.I.F. Matarani,
más gastos de aduana U.S.
\$ 10,069.40 " 437,414.73

- Una Amasadora batidora Mod. A-80 ICAM, de doble eje con palas recambiables con motor eléctrico, polea, juego de carriles tensores, cinco correas trapezoidales.

Precio C.I.F. Matarani
más gastos de aduana U.S.
\$ 4,610.35 " 200,273.60 \$/ 1,283,757.36

b) Moldeo:

- Una prensa de extrucción vacío Mod. PD-2-ICAM, compuesta por un cuerpo mezclador, cámara de vacío y zona de compresión, hélices, sistema de vacío motor eléctrico, juego de carriles tensores, polea ranurada, ocho correas trapezoidales.

Precio C.I.F. Matarani
más gastos de aduana U.

S. \$ 14,493.45 S/. 629,595,47

- Un cortador Mod. IC-600-IPIAC tipo universal para corte de ladrillos hueco y macizo, con motor eléctrico incorporado. Precio C.I.F. Matarani, más gastos de aduana U.S. \$ 4,209.00

182,839.00 S/. 812,434.47

c) Secado:

- Un horno de secado para una producción de 100

T.M. en 24 horas con sus líneas de trocha angosta, equipo de arrastre, ventilador centrífugo, cuadros eléctricos, vagonetas.

Precio C.I.F. Matarani más gastos de aduana U.

S. \$ 55,361.40

S/ 2'404,899.21 S/ 2'404,899.21

d) Cocción:

- Un horno túnel Mod. H.T.I.

-32 con capacidad de producción de 100 T.M./24 horas de ladrillos huecos con conjunto de armaduras metálicas, ventiladores, elementos eléctricos, equipo de calefacción, armario de control, cuadro general de mando para vagones, vagones, puertas, sistema de accionamiento de las puertas, depósito de aceite, filtros, niveles, tuberías y accesorios completos.

Precio C.I.F. Matarani más gastos de aduana U.S. \$ 106,961.50

" 4'646,407.56 S/ 4'646,407.56

e) Equipo Auxiliar:

- Un tanque de almacenamiento de petróleo de 12,000 galones de capacidad con sistema de bombeo.	\$.	400,000.00	
- Un tanque de consumo diario de petróleo de 2,000 galones de capacidad con sistema de bombeo	\$	100,000.00	
- Cargador frontal (una)	"	100,000.00	
- Un Monta cargas	"	500,000.00	
- Equipo de mantenimiento	"	200,000.00	
- Equipo Eléctrico	"	80,000.00	
- Tubería de transmisión de agua y bomba para agua	"	100,000.00	
- Reservorio para agua	"	<u>30,000.00</u>	\$ 2' 510,000.00
f) Montaje de Maquinaria	"	600,000.00	" <u>600,000.00</u>
			\$ 12' 257,498.60
			=====

4).- Otros Activos

- Gastos de Organización	\$	100,000.00	
- Entrenamiento	"	100,000.00	
- Muebles y Enseres	"	80,000.00	
- Camioneta de Servicio	"	<u>300,000.00</u>	\$ 580,000.00
			=====

5).- Imprevistos

- 5% de Inversiones fijas \$ 641,874.93 \$ 641,874.93
=====

Resumen Activo Fijo

Terreno	\$	100,000.00
Edificios y Construcciones	"	1'520,000.00
Maquinaria y Equipo	"	12'257,498.60
Otros Activos	"	580,000.00
Imprevistos	"	<u>641,874.93</u>
	\$	<u>15'099,373.53</u>
		=====

2º.- Capital de Operación

a) Costos Parciales de Producción

PARTIDAS	VALOR ANUAL	RESERVA (meses)	VALOR PARCIAL (S/.)
Gastos de Materiales			
Directos	940,219.60	2	156,703.20
Indirectos	170,000.00	1	14,166.60
Gastos de Personal			
De producción	1'180,921.97	1	98,410.16
Auxiliares	373,800.00	1	31,150.00
Administrativos	284,800.00	1	23,733.33
Otros Gastos de Operación			
Suministros	3'963,650.00	2	660,608.00
Gastos Varios (fabricación)	345,193.45	1	28,766.10
Gastos Varios (Administrativos)	185,000.00	1	15,416.60
Gastos Varios (ventas)	25,000.00	1	2,083.33

TOTAL : 1'031,037.32

b) Reserva de Ventas	
Un mes del costo de Fabricación	759,025.32

Resumen

Inversiones	15'099,373.53
Capital de Operación	1'790,062.64

Inversión total : 16'889,436.17

2º.- Presupuestos

a) Ingresos

El precio fijado por millar de ladrillos huecos (250 x 120 x 90 mm.) es de S/ 900.00 puestos en fábrica.

Podemos decir que el millar de ladrillos por producir será al mismo precio que los existentes en plaza (ladrillos macizos king-kong), a esto se agrega que la calidad será superior, lo que permitirá el uso de estos ladrillos en paredes cara-vista, podemos confiar en que la aceptación será favorable.

ARTICULO	UNIDADES (Millares)	PRECIO UNITARIO.) Por millar(S/)	VALOR TOTAL (S/)
Ladrillos huecos 90 x 120 x 250 mm.	11,949	900.00	10'754,100.00

b) Egresos

De acuerdo al programa anual de producción se han presupuestado las siguientes partidas:

Costos de Fabricación

- 1.- Gastos de Materiales
 - a) Directos
 - b) Indirectos
- 2.- Gastos de Personal
 - a) De producción
 - b) Auxiliares
- 3.- Otros gastos de Operación
 - a) Suministros
 - b) Depreciaciones
 - c) Gastos varios

Costos Administrativos

- 1.- Gasto de Personal
- 2.- Otros gastos de Operación
 - a) Depreciaciones
 - b) Gastos varios

Costos de Venta

- 1.- Gastos de Personal
- 2.- Gastos varios

A continuación se detalla cada partida:

Costos de Fabricación:

1.- Gastos de Material

- a) Directos (al año):

Arcilla - 36,600 T.M.

a S/ 25.00 / T.M. S/. 915,000.00

Arena - 720.56 T.M.

a S/ 35.00/T.M. " 25,219.60 S/ 940,219.60

- b) Indirectos:

Ladrillos refractarios

5,000 unidades a S/

20.00 c/u. 100,000.00

Repuestos de maquinaria 50,000.00

Materiales de Manteni-
miento (aceites, grasas,
etc.) 10,000.00

Materiales de Operación 10,000.00 S/ 170,000.00

2.- Gastos de Personal

a) De producción:

DENOMINACION	NUMERO	JORNAL DIARIO (S/)	DIAS AL AÑO	VALOR ANUAL
Obreros Califi- cados	8	100.00	365	292,000.00
Obreros Semi- calificados	6	80.00	365	175,200.00
Obreros No cali- ficados	11	60.00	365	240,900.00

Parcial 708,100.00

Gratificación anual: 1 Doceavo	S/ 59,008.33	
Prestaciones Sociales 58.44% de Planilla	" 413,813.64	472,821.97
		Total 1'180,921.97

b) Auxiliares:

DENOMINACION	NUMERO	INGRESOS (S/)	PERIODO ANUAL	VALOR ANUAL (S/)
Jefe de Producción	1	15,000.00	12 meses	180,000.00
Mecánico Electricista	1	6,000.00	12 meses	72,000.00

Parcial: 252,000.00

Gratificación anual 1 doceavo	S/ 21,000.00		
Prestaciones Sociales 40 % de planilla	100,800.00		121,800.00
		Total :	373,800.00

3.- Otros Gastos de Operación

a) Suministros:

CONCEPTO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (S/)	VALOR ANUAL (S/)
Fuerza Eléctrica	Kw-H	1'493,280	1.50	2'239,920.00
Combustible	Gal.	243,390	7.00	1'703,730.00
Agua	m ³	20,000	1.00	20,000.00
			Total:	3'963,650.00

b) Depreciaciones:

CONCEPTO	INVERSIONES (S/)	VIDA UTIL (años)	VALOR ANUAL (S/)
Edificios y Construcciones	1'520,000.00	20	76,000.00
Maquinaria y Equipo	12'257,498.60	10	1'225,749.86
Otros Activos:			
Gastos de entrenamiento	100,000.00	4	25,000.00
Camioneta de Servicios	300,000.00	3	100,000.00
Imprevistos	641,874.93	4	160,469.00
		Total:	1'587,218.86

c) Gastos Varios:

- Seguros (instalaciones personal, producción) S/ 100,000.00
- Imprevistos (5% sobre materiales y suministros) S/ 245,193.45 S/ 345,193.45

Resumen

Costos de Fabricación.

1.- Gastos de Materiales		1'110,219.60
a) Directos	S/ 940,219.60	
b) Indirectos	170,000.00	
2.- Gastos de Personal		1'554,721.97
a) De Producción	1'180,921.97	
b) Auxiliares	373,800.00	
3.- Otros Gastos de Operación		5'896,062.31
a) Suministros	3'963,650.00	
b) Depreciaciones	1'587,218.86	
c) Gastos Varios	345,193.45	
Total:		8'561,003.88

Costos Administrativos

1.- Gastos de personal.

DENOMINACION	NUMERO	INGRESO (S/)	PERIODO ANUAL	VALOR ANUAL (S/)
Contador	1	8,000.00	12 meses	96,000.00
Auxiliar	1	4,000.00	12 meses	48,000.00
Almacenero	1	4,000.00	12 meses	48,000.00

Parcial: 192,000.00

Gratificación anual			
1 doceavo	S/ 16,000.00		
Prestaciones Sociales			
40% de Planillas	76,800.00		92,800.00
Total:		S/ 284,800.00	

2.- Otros gastos de Operación

a) Depreciaciones:

CONCEPTO	INVERSION	VIDA UTIL (años)	VALOR ANUAL (S/)
Edificios y Oficinas	150,000.00	20	7,500.00
Gastos de Organización	100,000.00	4	25,000.00
Muebles y Enseres	80,000.00	4	20,000.00
		Total:	52,500.00

b) Gastos Varios:

CONCEPTO	VALOR ANUAL (S/.)
Legales	25,000.00
Auditoría	80,000.00
Utiles y servicios	40,000.00
Representación	20,000.00
Imprevistos	20,000.00
	Total: 185,000.00

Resumen Costos Administrativos

1.- Gastos de Personal	284,800.00
2.- Otros gastos de Operación	237,500.00
a) Depreciaciones \$ 52,500.00	
b) Gastos varios \$ 185,000.00	
Total:	522,300.00

Costos de Venta

1.- Gastos varios:

CONCEPTO	VALOR ANUAL \$
Promoción	20,000.00
Imprevistos	5,000.00
Total:	25,000.00

Resumen Costos de Venta

1.- Gastos Varios \$ 25,000.00

El costo total de operación de acuerdo a los análisis anteriores es:

Resumen de los Costos

CONCEPTO	VALOR ANUAL (\$/)
Costos de Fabricación	8'561,003.88
Costos Administrativos	522,300.00
Costos de Ventas	25,000.00
	COSTO TOTAL 9'108,303.88

Costo Unitario

COSTO TOTAL	UNIDADES PRODUCIDAS	COSTO UNITARIO
	(millar)	(millar)
9'108,303.88	11,949.00	762.26

Resumen General

CONCEPTO	VALOR ANUAL (\$/)
Total Ingresos	10'754,100.00
Total Egresos	9'108,303.88
Utilidad Anual Estimada	1'645,796.12

Para conocer la incidencia de cada partida en el costo total de producción se presenta la siguiente tabla en la cual se encuentran detallados los porcentajes parciales:

DISTRIBUCION DE COSTOS DE PRODUCCION SEGUN PARTIDAS

PARTIDA	VALOR ANUAL (S/.)	VALOR ANUAL ACUMULADO (S/.)	PORCEN TAJE PARCIAL	PORCEN- TAJE ACUMULA DO
<u>Costos Directos</u>		5'084,791.57		66.79
Materiales Directos	940,219.60		10.32	
Personal de Producción	1'180,921.97		12.96	
Suministros	3'963,650.00		43.51	
<u>Costos Indirectos</u>		2'476,212.31		27.19
Materiales Indirectos	170,000.00		1.87	
Personal Auxiliar	373,800.00		4.10	
Depreciación	1'587,218.86		17.42	
Gastos Varios	345,193.45		3.80	
<u>Costos Administración</u>		522,300.00		5.75
Personal	284,800.00		3.13	
Depreciación	52,500.00		0.58	
Gastos Varios	185,000.00		2.04	
<u>Costos de Ventas</u>		25,000.00		0.27
Gastos Varios	25,000.00		0.27	
Totales	9'108,303.88	9'108,303.88	100.00	100.00

3.- Balance Económico

A continuación se presenta el Balance Tentativo Anual con el objeto de conocer la bondad del proyecto y la rentabilidad del mismo, se presenta al Balance de Ingresos-Egresos:

BALANCE TENTATIVO ANUAL

CONCEPTO	INGRESOS	EGRESOS	UTILIDAD
Ventas Netas	10'754.100.00		
Costo Total de fabricación		9'108,303.88	
			1'645,796.12

4.- Indices de Evaluación Económica de Proyecto

a).- Retorno del Capital:

Tenemos que la inversión total para este proyecto es de \$/ 16'889,436.17 y que la utilidad neta anual es de \$/ 1'645,796.12

Se tiene que:

$$\text{Retorno} = \frac{\text{Ganancia Neta}}{\text{Capital total}}$$

$$\text{Retorno} = \frac{1'645,796.12}{16'889,436.17} = 0.097$$

$$\frac{1}{\text{Retorno}} = \frac{1}{0.097} = 10.30$$

Lo que significa que en 10 años se pagará el capital

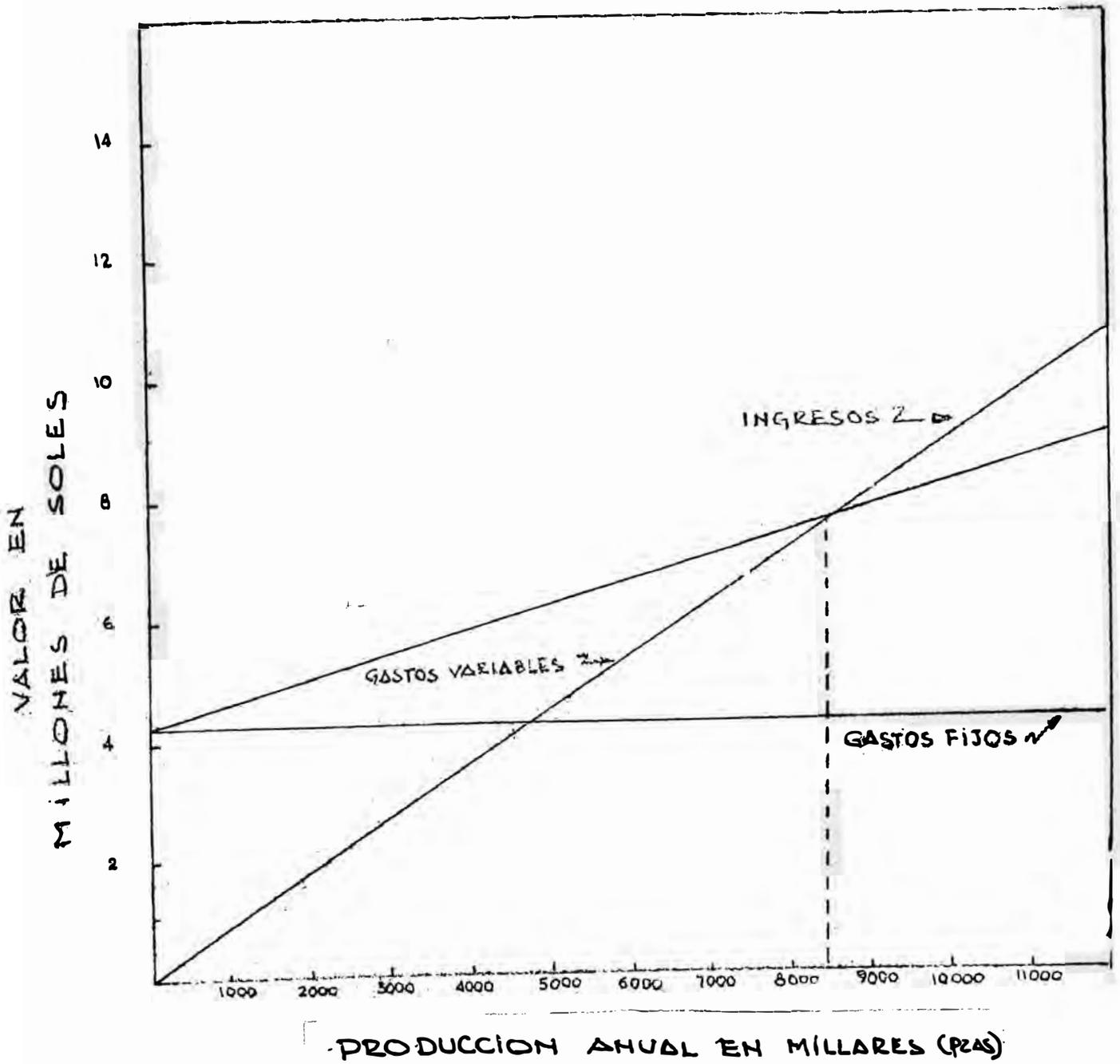
comprometido en el negocio.

b).- Punto de Equilibrio Económico' (BEP) :

Com el objeto de determinar la producción mínima permisible de planta con la cual se puede operar sin pérdida, se han desdoblado las diferentes partidas en gastos fijos y gastos variables previamente. A continuación se presentan en forma tabulada los gastos fijos y variables:

PARTIDA	COSTO TOTAL (S/.)	COSTO FIJO (S/.)	COSTO VARIA- BLE (S/.)
Gastos de Materiales			
Directos	940,219.60	-	940,219.60
Indirectos	170,000.00	150,000.00	20,000.00
Gastos de Personal			
De Producción	1'180,921.97	1'180,921.97	-
Auxiliares	373,800.00	373,800.00	-
Administrativos	284,800.00	284,800.00	-
Otros gastos de Ope- ración			
Suministros	3'963,650.00	-	3'963,650.00
Depreciaciones (fabricación)	1'587,218.86	1'587,218.86	-
Depreciaciones (administrativos)	52,500.00	52,500.00	-
Gastos Varios (fa- bricación)	345,193.45	345,193.45	-
Gastos Varios (ad- ministrativos)	185,000.00	185,000.00	-
Gastos Varios (ventas)	25,000.00	25,000.00	-
T O T A L	9'108,303.88	4'184,434.28	4'923,869.60

B.E.P.



Basado en la distribución precedente y conociendo el valor de ingresos se ha graficado los factores y determinado el punto de equilibrio (gráfico) que es aproximadamente de 8,300 ~~millones~~ de piezas anuales.

c).- Rentabilidad

El índice de rentabilidad del proyecto se ha calculado sobre la inversión y volumen de ventas:

RENTABILIDADES

CONCEPTO	UTILIDAD (S/)	VALOR TOTAL (S/)	RENTA BILI- DAD%
Referente a la Inversión	1'645,796.12	16'889,436.17	9.74
Referente a las Ventas	1'645,796.12	10'745,100.00	18.10

Como podemos apreciar, la Rentabilidad sobre la inversión es de casi 10%, lo cual es aceptable en este tipo de industrias.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1a.- La planta proyectada permite hacer comercial un mineral no metálico abundante en la zona y poco explotado, elevando su valor al procesarlo.
- 2a.- La planta permite una elasticidad de trabajo, ya que se puede variar la línea de producción de ladrillos huecos a tejas, o a ladrillos king-kong, además de poder ampliar su producción.
- 3a.- La planta dejaría de operar si su producción anual llegara a 8,300 ~~unidades~~ de ladrillos huecos, ya que no podría siquiera cubrir los gastos de producción.
- 4a.- Este proyecto contribuiría al desarrollo industrial y del sector de viviendas en la zona, creación de actividades complementarias a la fábrica, aumentar las oportunidades de trabajo del departamento de Puno, ofreciendo mejores niveles de vida a sus pobladores.
- 5a.- Aprovechar la mano de obra familiarizada con la cerámica.
- 6a.- Satisfacer una necesidad de contar en la zona con industria ladrillera que permita productos de calidad garantizada para la industria de la construcción. También incrementará el uso del cemento en la zona aumentando la demanda de este material de construcción.
- 7a.- Cuidar el calentamiento brusco de las piezas por acción del aire seco, en la operación de secado, por lo que, estas mantendrá siempre el aire con el grado de hume-

dad necesario.

- 8a.- Controlar periódicamente el contenido de CaO en la arcilla para evitar sobrepase los límites permisibles de esta sustancia en la arcilla.
- 9a.- Evitar el uso de gases de combustión en la operación de secado, debido a que estos contienen azufre que puede producir exfoliación en los ladrillos.

BIBLIOGRAFIA

- El Horno Túnel al alcance del ceramista y del ladrillero, por Eloy Robusté.
- Técnica y Práctica de la Industria Ladrillera, por Eloy Robusté.
- La Industria Ladrillera, por Pedro Reverte.
- Estudio de Factibilidad de Vajilla de Loza en Puno-Perú, por Oficina Regional de Desarrollo del Sur.
- Mineral Facts and Problems, Bulletin 630, del Bureau of Mines, By the Staff.
- Perú Minero 1967, por César Rospigliosi.
- Fabricación de ladrillos para la Construcción, por AID México.
- Materiales de Construcción, por Alberto Regal.
- Instalación de una Planta Industrial para la Producción de Ladrillos en la ciudad de Iquitos, por Blas N. Caldas R.
- Prontuario del Cemento, por Otto Labahn.
- Boletines y Catálogos de Instalaciones Cerámicas y Aplicaciones Mecánicas S.A. Barcelona.
- Manual del Ingeniero Químico, por John H. Perry.
- Alfarería y Cerámica por Ernst Rosenthal.
- Manual de Técnicas Ladrillera, por Karl Spingler.
- La Cerámica y sus fundamentos Químicos, por H. Salmag.