



TOGETHER
for a sustainable future

OCCASION

This publication has been made available to the public on the occasion of the 50th anniversary of the United Nations Industrial Development Organisation.



TOGETHER
for a sustainable future

DISCLAIMER

This document has been produced without formal United Nations editing. The designations employed and the presentation of the material in this document do not imply the expression of any opinion whatsoever on the part of the Secretariat of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) concerning the legal status of any country, territory, city or area or of its authorities, or concerning the delimitation of its frontiers or boundaries, or its economic system or degree of development. Designations such as “developed”, “industrialized” and “developing” are intended for statistical convenience and do not necessarily express a judgment about the stage reached by a particular country or area in the development process. Mention of firm names or commercial products does not constitute an endorsement by UNIDO.

FAIR USE POLICY

Any part of this publication may be quoted and referenced for educational and research purposes without additional permission from UNIDO. However, those who make use of quoting and referencing this publication are requested to follow the Fair Use Policy of giving due credit to UNIDO.

CONTACT

Please contact publications@unido.org for further information concerning UNIDO publications.

For more information about UNIDO, please visit us at www.unido.org

18279

ESTUDIO A FONDO DE LA INDUSTRIA
DEL CEMENTO EN EL ECUADOR

SI/ECU/86/829

ECUADOR

Informe técnico: Estudio-diagnóstico de la Empresa Industrias Guapan S.A.

Preparado para el Gobierno del Ecuador por la
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial,
en calidad de organismo de ejecución del
Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Basado en la labor de Harald C. Boeck, consultor en cemento

Oficial de apoyo directo: K.O. Hagan, Subdivisión de Industrias Químicas

Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial
Viena

Notas explicativas

La unidad monetaria del Ecuador es el sucre (S).

El término toneladas (t) se refiere a toneladas métricas.

Además de las abreviaturas, símbolos y términos corrientes, en el presente informe se utilizan los siguientes:

CENDES	Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador
EIG	Empresa Industrias Guapan S.A.
FII	Fuller International, Inc., Estados Unidos de América
F-K	Fuller-Kinyon
FLS	F. L. Smidth and Co. Ltd., Dinamarca
WG	Hidrómetro

La mención de empresas en el presente documento no entraña juicio alguno sobre ellas ni sobre sus productos por parte del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo o de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI).

RESUMEN

Dentro de las actividades del proyecto "Estudio a fondo de la industria del cemento en el Ecuador" (SI/ECU/86/829), para el cual la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial actúa en calidad de organismo de ejecución del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, se envió un equipo de tres expertos al Ecuador para que realizara un estudio de las cuatro fábricas de cemento que existen en dicho país y recomendara medidas para su mejora y rehabilitación. El equipo, integrado por dos especialistas en cemento y un economista, inició su misión de dos meses durante la última semana de febrero de 1987.

A petición del organismo de contraparte, el Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador (CENDES), y debido a lo limitado del tiempo y del número de expertos disponibles, los dos expertos en cemento concentraron sus esfuerzos en solo una fábrica cada uno. Por ello, el presente informe del experto en cemento y del coordinador del equipo se refiere exclusivamente a Empresa Industrias Guapan S.A.

El experto diagnosticó graves problemas en la actual fábrica de proceso por vía húmeda y previó que el nuevo horno para el proceso por vía seca, que debía entrar en funcionamiento a fines de 1987, puede provocar algunos estrangulamientos. Sus principales recomendaciones son: a) llevar a cabo investigaciones sobre la materia prima sin más tardar; b) acondicionar el actual molino de cemento para que su producción pase de 10 a 13 t/h; y c) empezar la producción con el nuevo proceso por vía seca lo antes posible.

INDICE

	<u>Página</u>
INTRODUCCION	7
 <u>Capítulo</u>	
I. DESCRIPCION DE LA FABRICA ACTUAL, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8
A. Maquinaria principal	8
Material de cantera	8
Trituradora primaria	8
Molino de crudo	8
Almacenamiento de la pasta	8
Horno y refrigerador	9
Almacenamiento del clinker	9
Molino de cemento	9
Taller de envasado	9
B. Recomendaciones	10
Material de cantera	10
Molino de cemento	10
II. LA NUEVA FABRICA	11
A. Maquinaria principal	11
B. Modificaciones recomendadas por FII	11
Alimentación del molino de crudo	11
Molino de crudo	11
Bombas del molino de crudo	12
Modulador de tiro D49	12
Bomba para la alimentación del horno	12
Bombas del molino de cemento	13
C. Mejora de las instalaciones actuales para evitar posibles estrangulamientos	13
Trituradora de piedra caliza	13
Molino de crudo	13
Precalentador	13
El horno	14
El refrigerador	14
Transporte y almacenamiento del clinker	14
D. Inversiones adicionales y costos previos previstos	15
Ampliación de la cantera e indemnización por las tierras ocupadas	15
Material de cantera	15
Construcción de las carreteras de acceso	15

	<u>Página</u>
Modificaciones imprevistas	16
Subestación de 20 MVA	16
Resumen	16
III. COSTO DE CONVERTIR EL HORNO I DEL PROCESO POR VIA HUMEDA AL PROCESO POR VIA SECA	17
A. Material que debería adquirirse	17
B. Viabilidad del proyecto	18

Anexos

I. Funcionarios con los que trató la misión	19
II. Programa de trabajo provisional	20
III. Lista de la maquinaria principal	21
IV. Modificaciones de la nueva fábrica recomendadas por FII	24

INTRODUCCION

Dentro de las actividades del proyecto "Estudio a fondo de la industria del cemento en el Ecuador" (SI/ECU/86/820), para el cual la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial actúa en calidad de organismo de ejecución del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, se envió un equipo de tres expertos al Ecuador para que realizara un estudio de las cuatro fábricas de cemento que existen en dicho país y recomendara medidas para su mejora y rehabilitación. El equipo estaba integrado por las siguientes personas:

Harald C. Boeck, experto en cemento y coordinador del equipo
Jacques van Cutsem, economista
Harro J. Taubmann, experto en cemento

las cuales llegaron a Quito los días 21 y 25 de febrero de 1987.

El equipo se presentó en las oficinas del organismo de contraparte, el Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador (CENDES), donde se entrevistó con el funcionario de contraparte, Juan Viera P., consultor industrial y director de asistencia técnica de CENDES. En el anexo I figura una lista de los funcionarios con los que trató la misión.

Debido a lo limitado del tiempo y del número de expertos disponibles, CENDES decidió que el equipo llevara a cabo un estudio-diagnóstico de dos fábricas de cemento solamente, a saber, Cementos Selva Alegre, que se asignó a H.J. Taubmann, y Empresa Industrias Guapan S.A., que fue estudiada por el autor de presente informe.

El 4 de marzo de 1987 los expertos se dirigieron a las fábricas respectivamente asignadas y procedieron de acuerdo con el programa de trabajo acordado provisionalmente (véase el anexo II). El Sr. Viera pasó unos diez días en cada una de las fábricas para orientar al experto en el inicio de su trabajo y ayudarlo en el mismo.

Como ambas fábricas de cemento atravesaban graves problemas, el momento elegido para la misión de la ONUDI fue oportunísimo. Sin embargo, como ya se dijo anteriormente, la duración de la misión fue insuficiente para que el estudio abarcara las cuatro fábricas y poder refundir los estudios individuales en un informe único. Por ello, la sede de la ONUDI y los oficiales auxiliares de Quito convinieron en que cada experto presentaría su propio informe.

La fábrica de cemento EIG está situada a unos 350 km al sur de Quito, a unos 36 km de la ciudad de Cuenca, y a una altitud de 2.600 m sobre el nivel del mar. La fábrica está equipada con un horno de 200 t/d para el proceso por vía húmeda, que produce 245 t/d.

Está en marcha la ampliación de la fábrica con un horno de 1.100 t/d para el proceso por vía seca y el comienzo de la producción está previsto para fines de 1987.

I. DESCRIPCION DE LA FABRICA ACTUAL, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La fábrica actual tiene una capacidad de 240 t/d y se basa en el proceso por vía húmeda.

A. Maquinaria principal

Material de cantera

- 1 tractor CAT D8H, 1968
- 1 tractor CAT D8L, 1976
- 1 cargadora sobre carriles CAT 977 K, 1968
- 1 cargadora sobre carriles CAT 977 L, 1979
- 1 cargadora sobre carriles CAT 955 S, 1974
- 3 camiones Kaelble, "todo terreno", con una carga útil de 25 t cada uno

- 1 compresor Ingersoll Rand DXL 750
- 1 compresor Gardner Denver 185
- 1 perforadora Ingersoll Rand ECM 350
- 1 perforadora Atlas Copco Rock 601
- 2 perforadoras manuales RH 571-L

Los tres camiones Kaelble "todo terreno", comprados en la República Federal de Alemania, se encuentran inactivos la mayor parte del tiempo por falta de recambios.

Trituradora primaria

Se trata de una trituradora de martillos de eje único, equipada con dos motores de 96 kW, 440 V, 1.170 rpm, que se había previsto inicialmente como trituradora secundaria. El triturador primario, que es de mordazas, no se utiliza porque la piedra caliza se encuentra mezclada con arcilla pegajosa, por lo que no puede funcionar bien.

Molino de crudo

Es un molino triturador de bolas de tres compartimentos, de 1,7 m ϕ x 10 m, equipado con un motor de 450 hp (331 kW), 4.160 V, 58 A, 60 Hz, 1.175 rpm.

Funciona satisfactoriamente con una producción de unas 19 t/h. Sin embargo, la caja de cambios se encuentra en mal estado. La rueda dentada para la alta velocidad ha sido reparada, aunque se ha encargado una nueva.

Almacenamiento de la pasta

- 3 silos de almacenado de 450 m³
- 1 silo de corrección de 450 m³
- 1 depósito de pasta de 700 m³ (que alimenta el horno)

Las tuberías de aire de los silos y el depósito deberían equiparse con válvulas de goma (del tipo bicicleta) para evitar que se obturen los tubos.

Horno y refrigerador

- 1 horno rotatorio de 3,0 m Ø x 2,6 m Ø x 3,0 m Ø x 15 m
- Inclinación 3%
- Cuatro cercos
- Velocidad máxima del horno 1,2 rpm
- 1 refrigerador de parrilla Fuller

Tanto el horno como el refrigerador están en un excelente estado, especialmente si se considera que tienen ya 21 años.

El horno funciona muy bien (245 t/d) pese a que la pasta tiene un contenido de agua del 40%. La temperatura a la entrada y salida de las cadenas es de 300°C y 550°C, respectivamente y el contenido de humedad de la pasta a la salida de las cadenas es del 15%. Con un nuevo conjunto de cadenas aquellos datos deberían ser de 180°C y 900°C, con un contenido de humedad de tan solo el 2%. En otras palabras, este horno debería poder producir 300 t/d, sin forzarlo.

En realidad, el horno funciona en parte como refrigerador ya que la zona de cocción se encuentra muy adentro del horno, con lo que la carga del refrigerador es muy baja y da lugar a una temperatura del aire secundario relativamente baja.

El consumo de combustible es elevado, a saber, unos 2.000 kcal/kg de clinker.

Una vez empiece a funcionar el nuevo horno se recomienda mejorar el actual horno y el refrigerador, lo cual puede realizarse con un costo muy modesto.

Almacenamiento del clinker

El almacén tiene unas dimensiones de 100 x 20 x 10, y está equipado con una grúa de almeja de 5 t. Esta grúa se utiliza tanto para el molino de crudo como el de cemento.

Molino de cemento

Se trata de un molino de bolas de cuatro compartimentos, de 1,7 m Ø x 10 m, equipado con un motor de 450 hp (331 kW), 4.160 V, 58 A, 60 Hz, 1.175 rpm.

Produce unas 10 t/h de cemento Portland ordinario con un Blaine de 2.800 cm²/g. El molino no da abasto para atender a toda la producción de clinker sin reducir la calidad del cemento, por lo que debe hacerse todo lo posible para aumentar la capacidad de molienda.

Taller de envasado

El taller consta de 2 máquinas ensacadoras estacionarias de 4 caños cada una y una capacidad de 1.200 sacos/h y un silo para cemento con una capacidad de 1.600 t.

B. Recomendaciones

Material de cantera

Se recomienda la adquisición, lo antes posible, de nuevo material de cantera de acuerdo con las indicaciones dadas para la nueva fábrica.

Molino de cemento

El molino de cemento debería equiparse con chapas de revestimiento del último modelo. En la primera cámara las chapas deberían tener mayor fuerza de elevación y en la segunda cámara deberían disponerse chapas de clasificación. El molino de cemento tendrá dos cámaras en lugar de cuatro.

El diafragma entre la primera y la segunda cámara debería ser del tipo ajustable.

Como no hay planos del molino debería trazarse uno urgentemente, que indique el cuerpo del molino con los detalles de los orificios y los registros de inspección. Una vez trazados los planos puede solicitarse de una sociedad especializada las ofertas para el suministro del material anteriormente descrito.

El costo previsto es de 30 millones de S, todo instalado. Tras las modificaciones, el molino debería poder producir unas 20.000 t/a, lo que supondría unos ingresos de unos 200 millones de S.

Mediante un molino de fractura continua y un separador de gran eficacia, la producción de cemento debería poder aumentarse el 50%. Sin embargo, esta modificación no es aconsejable para el molino pequeño. Sería más interesante instalar un molino de fractura continua antes del nuevo molino de cemento.

La propuesta mejora del viejo molino de cemento también podría aprovecharse para producir un cemento de mejor calidad a un ritmo de 11-12 t/h, lo cual puede resultar necesario para ganarse el mercado.

II. LA NUEVA FABRICA

La nueva fábrica está concebida para una capacidad de 1.100 t/d y se basa en el proceso por vía seca.

A. Maquinaria principal

Todas las especificaciones para la maquinaria, facilitadas por el proveedor, Fuller International Inc. (FII), Estados Unidos de América, fueron transmitidas a CENDES durante la misión. Para los detalles, véase el anexo III.

B. Modificaciones recomendadas por FII

Las modificaciones recomendadas por FII se indican en el anexo IV. A continuación se exponen las observaciones del experto con respecto a las distintas sugerencias.

Alimentación del molino de crudo

La casa FII propone que se instale un alimentador de banda articulada entre el depósito de arcilla y el poidómetro.

Ello es absolutamente necesario, no solo para el depósito de arcilla sino también para el depósito que contiene la mezcla prehomogeneizada. Para conseguir una alimentación regular, este último depósito debería contar con un alimentador de banda articulada con una anchura mínima de 1.800 mm y para la arcilla y el aditivo la anchura debería ser de unos 1.000 mm.

Debe mencionarse aquí que la corrección con arcilla es propia del proceso por vía húmeda pero no por vía seca. En el proceso por vía seca el mejor material para la corrección es la piedra caliza de buena calidad ya que su adición no plantea problemas. La adición de arcilla debería reservarse a la instalación prehomogeneizadora.

La FII también recomienda que se practiquen dos orificios en cada depósito para poder hurgar el material en caso de atasco.

Molino de crudo

La FII recomienda muchas modificaciones. Después de haber inspeccionado el molino, este experto está convencido de que la instalación sufre una "bronquitis" aguda y de que todas las modificaciones propuestas por la FII deberían llevarse a la práctica.

En la actualidad hay una caída de presión de más de 300 mm WG. Después del molino existe un separador estático, un multiciclón y un regulador de tiro, que en conjunto suponen una caída de presión adicional de unos 200 mm WG. El ventilador del molino tiene una presión estática de 508 mm WG solamente, lo que no permite hacer frente a la posible obturación del diafragma del molino ni otros atascos que se pueden producir entre el molino y el ventilador.

Además, el experto propone que en los dos diafragmas que se encuentran antes de la salida del molino se practiquen numerosos orificios de un diámetro igual a las aberturas (ranuras) de los diafragmas (19 y 16 mm ϕ) de la primera y segunda cámara, respectivamente.

Aunque la recomendación de inyectar agua al molino, debido al bajo contenido de humedad de la mezcla, puede parecer rara, la apoyamos vivamente no solo en bien del ventilador sino para un mejor funcionamiento del precipitador electrostático.

Todas las juntas del molino deben mejorarse, como indica la FII.

Bombas del molino de crudo

Sustituir los tubos de 6" por otros de 10" es toda una tarea. Sin embargo, lo recomendamos mucho ya que es posible que el molino de crudo y el horno produzcan mucho más de lo previsto. El horno debería producir por lo menos 1.200 t/d si se maneja debidamente el aire de combustión.

Entre el molino y los silos de homogeneización existe tan solo una bomba F-K. Es imperativo disponer de una bomba de repuesto completa y un compresor para el caso de que falle este equipo.

Habría que crear un taller especial para la reparación de las bombas y compresores F-K. El mantenimiento de este material es muy costoso.

Modulador de tiro D49

La FII está en lo cierto al recomendar la nueva ubicación de este regulador. Además, el tubo de gas caliente procedente del ventilador-ID, conectado perpendicularmente a un tubo horizontal antes de entrar en el molino, proporciona también aire caliente del horno auxiliar. Esta conexión podría provocar el retroceso de la llama en el horno auxiliar y aumentar la caída de presión en el molino. La conexión del gasoducto debe hacerse según un ángulo máximo de 45° y aún mejor de 30°. Ello es muy importante también para el buen funcionamiento de la cámara de secado.

Con respecto a la cámara de secado el experto quiere observar que el diseño de los elevadores no es apropiado para el tipo de materia prima utilizada. Se recomienda, por lo tanto, suprimir uno de cada dos elevadores. Aun así es posible que ello no sea suficiente para evitar la concentración de materia prima húmeda entre los elevadores. Es posible que sea necesario instalar elevadores de otro modelo, de limpieza automática.

Además, se han instalado muchos reguladores de guillotina. Este tipo de reguladores creará dificultades de funcionamiento y son una puerta falsa para la entrada de aire en el sistema. Los reguladores de tipo ordinario serían más apropiados.

Bomba para la alimentación del horno

La FII propone que la tubería de alimentación del horno de 6" se sustituya por tubos de 8", lo que es compatible con la bomba F-K pero al mismo tiempo aumentará mucho el consumo de energía.

Se bombeará aire frío en el precalentador, donde se necesita gas caliente. En realidad, cambiando el sistema de alimentación pasando de bombas neumáticas al transporte mecánico (elevador, transportadora de hélice, transportador de sólidos fluidificados, y válvula rotatoria) la producción de clinker podría aumentar el 5%. Una producción de clinker de 1.100 t/d significaría un aumento del clinker de 55 t/d, lo que equivale a 57 t/d de cemento. Dado un precio de venta de 500 S por saco supondría unas ganancias diarias de unos 570.000 S.

Bombas del molino de cemento

Por el momento sería suficiente cambiar solamente los tornillos de las bombas. Los tornillos grandes tienen una vida útil más larga.

C. Mejora de las instalaciones actuales para evitar posibles estrangulamientos

Las observaciones y recomendaciones siguientes son el fruto de la visita del experto a la fábrica y deberían contribuir a evitar los problemas durante la fase de arranque y allanar el camino para el buen funcionamiento de la fábrica.

Trituradora de piedra caliza

Esta trituradora de impacto tiene una capacidad garantizada de 500 t/h de piedra caliza con una humedad máxima del 12 por ciento. Puede triturar piedras de 1.200 x 900 x 700 mm de una pasada reduciendo el 95 por ciento a menos de 25 mm. Equipada con un motor de 1.500 hp es una trituradora muy potente. Sin embargo, la extracción del material deberá realizarse con gran cuidado para evitar que se mezcle demasiada arcilla con la piedra caliza.

En el futuro quizás será necesario instalar una trituradora de arcilla después de la trituradora de piedra caliza, para regular el tamaño de las partículas de arcilla y asegurar la uniformidad de la mezcla de materia prima transportada por la cinta hasta la pila de material.

Como la planta de prehomogeneización acepta la arcilla pegajosa, el material correctivo agregado antes del molino de crudo debería ser solamente piedra caliza de alta calidad.

La planta de prehomogeneización supone una gran ventaja tanto para el horno viejo como el nuevo. No se prevén dificultades en este campo, excepto para el químico que debe tomar muestras, al no disponerse de una torre de muestreo y para conseguir la mezcla adecuada.

Molino de crudo

El diseño de las tolvas para la materia prima destinada al molino es motivo de preocupación. Es de esperar que funcione. De lo contrario el molino deberá ser alimentado por el homogeneizador de la planta de prehomogeneización, en cuyo caso la tolva no se utilizará como depósito provisional.

Precalentador

Los medios para limpiar los ciclones son bastante deficientes. Los ciclones III y IV tienen un sistema de limpieza automática por aire comprimido. Si bien el sistema resulta útil, no garantiza que los ciclones no queden bloqueados.

Los ciclones disponen tan solo de un agujero de limpieza, cuando deberían ser tres, para poderlos limpiar rápidamente con aire comprimido o agua a presión.

Además, como todos los ciclones están situados muy por encima del nivel del suelo, los agujeros de la limpieza quedan tan altos que exigirán la construcción de una plataforma delante de cada uno. Lamentablemente, los ciclones van ya provistos de ladrillos refractarios. A pesar de ello, se recomienda agregar más agujeros para la limpieza.

La válvula de la chimenea auxiliar de los ciclones gemelos en el extremo de la torre es muy pequeña y está situada a una altura peligrosa. En caso de explosión podría herir a un operario en la cara.

El horno

El ventilador del aire primario para el quemador ($7.645,5 \text{ m}^3/\text{h}$ a $812,8 \text{ mm WG}$) está proyectado para un elevado consumo de aire primario (10-15%). Para economizar combustible, el consumo de aire primario debería reducirse hasta un máximo del 5%, pero a gran velocidad. El ventilador debería tener una presión estática de por lo menos 1.600 mm WG .

Los aros de contención de los ladrillos refractarios deben situarse muy cuidadosamente, especialmente a la salida del horno. Cada metro de ladrillo en la zona de combustión pesa 8 t. Es importante que las piezas refractarias en el extremo de descarga del horno estén en buen estado ya que éste deberá funcionar con aire secundario a una temperatura de $900-1.000^\circ\text{C}$.

A primera vista los cercos del horno parecen muy apretados, es decir, con muy poco espacio entre el cerco y el horno. Para evitar la deformación del revestimiento del horno durante el encendido, debe prestarse gran atención al precalentamiento. Sería incluso preferible precalentar los cercos por separado con grandes sopletes de gas. La refrigeración de cercos y rodillos con agua resulta perjudicial para ambos elementos. Debe evitarse el contacto con todo líquido, ya sea agua o aceite y utilizar solamente grafito para su engrase.

De ser posible debería sacarse la sala de control del horno y del refrigerador debería sacarse de la plataforma del quemador ya que no queda espacio para realizar trabajos de revestimiento y cambiar el quemador.

El refrigerador

El refrigerador es marca Fuller, modelo 710S-928H y tiene cuatro compartimentos. No debería haber problemas a este respecto ya que el refrigerante tiene una gran capacidad y el suministrador está especializado en este tipo de aparatos.

La calidad del emparrillado es muy importante. Debería consultarse a FII y conseguir el suministro de un emparrillado de calidad.

Transporte y almacenamiento del clinker

No hay duda de que este concepto será causa de importantes estrangulamientos ya que el transporte del clinker depende de una pequeña grúa de almeja de 5 t. Será necesario adquirir una grúa más. Mejor solución sería prescindir de la grúa y repartir el clinker directamente a las tolvas del nuevo molino de cemento. Convendría resolver este problema desde ahora.

D. Inversiones adicionales y costos previos previstos

Falta mucho todavía para que la nueva fábrica pueda funcionar a plena capacidad, pero con la debida organización y un poco de suerte podría entrar en funcionamiento a fines de 1987. Hay que estudiar detenidamente los gastos siguientes y tomar una decisión lo antes posible.

Ampliación de la cantera e indemnización por las tierras ocupadas

La cantera actual será posiblemente suficiente para otros cinco años de funcionamiento de la fábrica una vez modernizada.

Suponiendo que la fábrica funcione 40 años más con una producción diaria de 1.400 t/d, equivalente a una producción anual de 420.000 t/a, la cantidad de piedra caliza necesaria será de unos 15 millones de toneladas, a base de una mezcla de 90% de piedra caliza y 10% de arcilla.

Para cada millón de toneladas de piedra caliza habrá que proceder a una perforación de 100 metros, aproximadamente, por lo que en total habrá que perforar 1.500 metros con extracción de testigos.

El costo de estos sondeos será aproximadamente el siguiente:

1.500 metros de perforación a	\$EE.UU. 250	\$EE.UU. 375.000
1.500 análisis a	\$EE.UU. 300	\$EE.UU. 450.000
Costo total de perforaciones		\$EE.UU. 900.000

El costo para la indemnización de las tierras ocupadas se estima en \$EE.UU. 8 millones.

Material de cantera

Se recomienda la adquisición del material siguiente, pero a condición de que se construyan nuevas carreteras de acceso a la cantera. Se incluye también una máquina explanadora para la debida conservación de las carreteras.

	<u>\$EE.UU.</u>
2 CAT 988B, con cubiertas sin talón	800.000
3 camiones todo terreno CAT 769	900.000
1 explanadora mecánica CAT 120G	120.000
1 perforadora para la extracción de testigos	150.000
2 compresores, 750 pies cu/min	<u>120.000</u>
Gasto total	2.090.000

Construcción de las carreteras de acceso

No es probable que EIG pueda seguir utilizando la actual carretera pública para el transporte de la piedra caliza después de la expansión de la fábrica. Una vez ambos hornos entren en funcionamiento la intensidad del transporte aumentará de 5 a 7 veces. Además, habrá que construir nuevas carreteras de acceso para el nuevo material de cantera.

El costo de las carreteras de acceso se estima en unos \$EE.UU. 500.000 por 1.000 metros y finalmente habrá que construir hasta 5 km de carreteras. Sin embargo, de momento solo son necesarios unos 2 km.

Modificaciones imprevistas

La nueva fábrica fue proyectada hace diez años. Es seguro que la FII presentará muchas propuestas de mejora basadas en la tecnología actual. Como EIG se beneficiaría de dichas modificaciones y mejoras, se calcula que su costo puede ascender a \$EE.UU. 1 millón.

Subestación de 20 MVA

Habrá que montar una subcentral eléctrica de 20 MVA. El arranque de la fábrica dependerá del montaje de dicha central, cuyo costo, incluida la red de cable y las excavaciones, se estima en \$EE.UU. 200.000.

Resumen

	<u>\$EE.UU.</u>
Perforación con extracción de testigos	900.000
Indemnización por los terrenos	8.000.000
Material de cantera	2.090.000
Carreteras de acceso	2.500.000
Modificaciones imprevistas	1.000.000
Subestación de MVA	<u>200.000</u>
Total parcial	14.650.000
Gastos contingentes (15%)	<u>2.200.000</u>
Total inversión adicional	16.850.000
Equivalente en sucres:	2.527.500.000

III. COSTO DE CONVERTIR EL HORNO I DEL PROCESO POR VIA HUMEDA
AL PROCESO POR VIA SECA

CENDES ha solicitado a este experto que estudie la posibilidad de utilizar la fábrica antigua de EIG, basada en el proceso por vía húmeda, para construir una fábrica basada en el proceso por vía seca en otro lugar del Ecuador. El horno debería ser para 600 t/d, de cuatro compartimentos, con ciclón y precalentador.

El 9 de abril de 1987 el autor del presente informe visitó la compañía danesa F.L. Smidth & Co. Ltd. (FLS) en Copenhague para hablarles del asunto. En su carta de 13 de abril de 1987, FLS ofreció las cifras provisionales siguientes para el costo de la conversión.

A. Material que debería adquirirse

El costo total f.o.b. en un puerto europeo de los equipos mecánicos y eléctricos que deberían adquirirse se calcula en 180 millones de coronas danesas, lo que equivale a unos \$EE.UU. 26,3 millones.^{1/}

He aquí el detalle por secciones:

	Millares de \$EE.UU.	Porcentaje
Trituración	2.106	8
Transporte de materia prima y mezcla previa	1.843	7
Molino de crudo, Tirax	2.896	11
Silos de homogeneización	1.053	4
Alimentación, precalentamiento, horno, refrigerador y precipitador electros- tático	7.371	28
Transporte y almacenamiento del clinker	1.053	4
Molino de cemento	2.632	10
Taller de envasado	1.053	4
Equipo eléctrico e instrumentos de control	4.212	16
Recambios	<u>2.106</u>	<u>8</u>
Total	26.325	100

Se calcula que aprovechando el equipo de la antigua fábrica EIG de proceso por vía húmeda podrían realizarse las economías siguientes:

	Millares de \$EE.UU.
Horno (8%)	2.100
Molino de cemento (6,8%) (Adquisición de un molino de fractura continua y de un separador de gran rendimiento)	1.800
Taller de envasado (2%) (Adquisición de una ensacadora más)	500
Equipo eléctrico (0,8%)	<u>200</u>
Total economías previstas (17,5%)	4.600

^{1/} Tipo de cambio el 21 de abril de 1987: \$EE.UU. 1 = DKr 6,8380.

Los trabajos para desmontar la maquinaria antigua y otros trabajos técnicos que deberían realizarse reducirían las economías del 17,5% al 14%, aproximadamente, es decir, unos \$EE.UU. 3.600.000.

Suponiendo que la inversión total fuera tres veces superior al precio f.o.b. del material, cabe esperar los costos de inversión siguientes:

	<u>Millares</u> <u>de \$EE.UU.</u>
Nuevo material	78.975
Utilización del material antiguo	<u>75.375</u>
Total economías (4,6%)	3.600

B. Viabilidad del proyecto

Las economías previstas de unos \$EE.UU. 3,6 millones deben además compararse con los costos de producción de esta planta, que sería relativamente pequeña. La inversión por tonelada es elevada, de unos \$EE.UU. 420 t/a, por lo que los gastos fijos serían demasiado elevados.

Construir una fábrica de cemento con una producción diaria de 600 toneladas, equivalentes a 180.000 toneladas anuales, no es recomendable en absoluto. Para llegar a unos gastos de inversión razonables hay que partir de una producción de 500.000 t/a, por lo menos, lo que supone un horno con una capacidad de 1.700 t/d. La inversión para este tipo de fábrica sería de unos \$EE.UU. 250-280 t/a. En este caso podría utilizarse un precalcinador que utilice combustible barato de bajo poder calorífico.

Por los motivos indicados, la conversión de la fábrica de EIG de proceso por vía húmeda no sería viable.

Anexo I

FUNCIONARIOS CON LOS QUE TRATO LA MISION

Carlos Banomera Befort	Director General de CENDES
Juan Viera P.	Director Técnico de CENDES, organismo de contraparte de ONUDI
C. Cordero V.	Director General de Empresa Industrias Guapan S.A.
Helle Mariannæ Vadmand	Oficial auxiliar de programas, ONUDI, Quito

Nota: El Ministro de Industria, Comercio, Integración y Pesca, Excmo. Sr. Xavier Neira Menéndez, que había sido el promotor del proyecto, dimitió el 20 de marzo de 1987, durante el período de la misión.

Anexo II

PROGRAMA DE TRABAJO PROVISIONAL*

1987, semana nº

Sr. Harald C. BOECK (Coordinador)

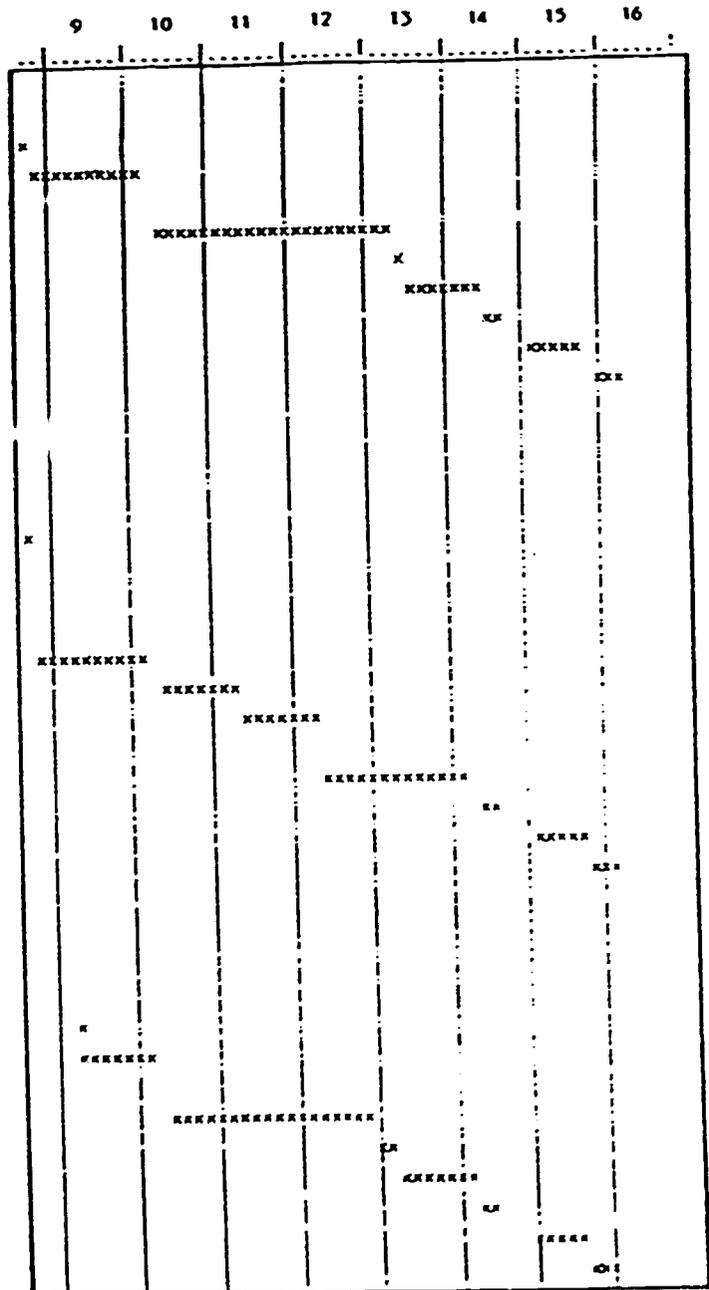
Llegada a Quito
 Estudio en CENDES
 Inspección del func. de GUAPAN
 Equipo y estrangulamientos
 Visita a SELVA ALEGRE
 Coordinación de informes en CENDES
 Salida para ONUDI, Viena
 Información a ONUDI, Viena
 Salida para propio país

Sr. Jacques van CUTSEM

Llegada a Quito
 Estudio en CENDES, Quito
 Costo de producción, pérdidas y ganancias
 Cuentas, estados financieros y estudio general del mercado
 Visita a GUAPAN
 Visita a SELVA ALEGRE
 Coordinación de informes en CENDES, Quito
 Salida para ONUDI, Viena
 Información a ONUDI, Viena
 Salida para propio país

Sr. Harro J. TAUBMANN

Llegada a Quito
 Estudio en CENDES
 Inspección SELVA NEGRA, func.
 Equipo y estrangulamientos
 Visita a GUAPAN
 Coordinación de informes en CENDES
 Salida para ONUDI, Viena
 Información a ONUDI, Viena
 Salida para propio país



* El original inglés de este anexo no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

Anexo III

LISTA DE LA MAQUINARIA PRINCIPAL

Trituradora de piedra caliza

Trituradora de impacto, reversible, modelo 780 de Williams Patent Crusher & Pul. Co.
Capacidad 500 t/h, humedad máx. 12 por ciento y tamaño 1.200 x 900 x 700 mm,
95 por ciento inferior a 25 mm en una pasada.
Motor de 1.500 hp, 900 rpm 60 Hz, 4.160 V

Planta prehomogeneizadora

Apiladora rotatoria, almacenamiento circular, 77 m diámetro, capacidad 40.000 t
de piedra caliza. Capacidad de la apiladora 600 t/h, Pohlig-Heckel-Bleichert

Homogeneizador de puente, capacidad 200 t/h a menos de 25 mm, Pohlig-Heckel-
Bleichert

Alimentador vibratorio, modelo SAO, 1.000 x 1.750 mm, 7,5 hp, Pohlig-Heckel-
Bleichert

Molino de crudo

Tolva de piedra caliza, capacidad 900 t

Tolva de arcilla, capacidad 400 t

Tolva de aditivos, capacidad 325 t

Separador de aire Sturtevant, 5,49 m día, 90 t/h paso del 80 por ciento
rejilla 200, motor 250 ph, 1.200 rpm, 60 Hz, 460 V

Molino Fuller Aerofall, 3,96 m día x 7,92 m, con cámara de secado, capacidad
90 t/h de piedra caliza inferior a 25 mm, humedad del 12 por ciento, 80 por
ciento paso de rejilla 200
Motor 2,500 hp, 1.190 rpm, 60 Hz, 4.160 V

Horno auxiliar modelo "Inner air wall", capacidad 6,3/2,52 x 1.000.000 kcal/h,
consumo de combustible 9,46/4,16 l/min N₂ 6, combustible a 10,54 kg/cm²

Ventilador del molino de crudo, Robinson Industries Inc., modelo RBE
2.616 mm x 356 mm, 251.452 m³/h, presión estática 508 mm WG a 104°C,
1.483 granos /m³, 0,636 kg/m³
Motor 800 hp, 900 rpm, 60 Hz, 4.000 V

Precipitador electrostático, Environmental Elements Corp., capacidad 241.258 m³/h
a 104°C, 18 por ciento de H₂O y 1.483 granos/m³ o 203.880 m³/h a 149°C, 17 por
ciento H₂O, 484 granos/m³
Salida gases max. 0,706 granos/m³
Motor del ventilador 250 hp, 1.800 rpm, 60 Hz, 460 V

Silos de homogeneización, 2, capacidad total 2.340 t
Silos de almacenamiento, 2, capacidad total 2.542 t

Precaentador, horno y refrigerador

Precaentador de cuatro etapas, Fuller SP125

Ventilador-ID, Robinson Industries Inc., modelo RB-1616, 2.718 x 406 mm,
276.937 m³/h a 349°C y 838 mm WG
Motor de 1.250 hp, 1.180 rpm, 6: Hz, 4.000 V

Horno rotatorio, Fuller Company, 4,11 m dia. x 57,95 m, capacidad 1.100 t/d
de clinker Portland
Motor 250/50 hp, 1.150/1.700 rpm, 550 V

Refrigerador de clinker, Fuller Company, 710S-928H, capacidad 1.100 t/d,
refrigeración de 1.352°C a 90°C

Ventilador, 1 compartimento, 20.684 m³/h a 381 mm WG a 25°C
Motor 60 ph. 1.800 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Ventilador, 2º compartimento, 35.482 m³/h a 330 mm WG a 25°C
Motor 100 hp, 1.800 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Ventilador, 3º compartimento, 79.167 m³/h a 254 mm WG a 25°C
Motor 125 hp, 1.800 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Ventilador, 4º compartimento, 74.781 m³/h a 178 mm WG a 25°C
Motor 75 hp, 1.800 rpm. 460 V, 3 fases, 60 Hz

Filtro multiciclón del clinker, Noric, 4 x 4 m
Ventilador, 280.773 m³/h a 127 mm WG y 233°C
Motor 200 hp, 1.200 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Ventilador de aire primario, "Chicago", 7.645 m³/h a 812,8 mm WG
Motor de 50 hp, 1.800 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Molino de cemento

Tolva del clinker, capacidad 200 t

Tolva del aditivo, capacidad 100 t

Tolva del yeso, capacidad 100 t

Molino de cemento, Fuller Company, 3,66 m dia. x 11,28 m, dos compartimentos,
capacidad 60 t/h de cemento Portland a 3.100 Blaine con alimentación infe-
rior a 25 mm
Motor 3.000 hp, 900 rpm, 4.160 V, 3 fases, 60 Hz

Elevador, Rexnord Inc., modelo de cadena, 22,75 m, capacidad 365 t/h de
cemento a 1,28 t/m³
Motor 75 ph, 1.800 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Separador de aire, Sturtevan Mill Co., 5,49 m dia., capacidad 60 t/h a
3.100 Blaine
Motor 250 hp, 1.200 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Filtro del separador de aire, Fuller Company, modelo Dracco Plenum-Pulse
96-10-10053, 73.465 m³/h a 90°C, relación aire/superficie fábrica 7,3/1

Ventilador, 80.502 m³/h a 93°C y 305 mm WG
Motor 150 hp, 1.200 rpm, 460 V, 3 fases, 60 Hz

Planta envasadora

2 silos de cemento, capacidad total 6.000 t

2 máquinas ensacadoras, Haver & Boecker, modelo impulsor 6024-BRC,
2.000-2.200 sacos/h de 50 kg

Anexo IV*

MODIFICACIONES DE LA NUEVA FABRICA RECOMENDADAS POR FII*

A. MOLTURACION DEL CRUDO

1. Agregar una alimentadora de banda articulada entre la tolva de la arcilla y el poidómetro. (135-86-4-0404)

La humedad media de la arcilla es del quince (15%) por ciento. Me temo que sin dicha alimentadora podría haber dificultades con el flujo del material que sale de la tolva.

2. Agregar dos (2) agujeros a cada tolva.

Servirán para remover el material en el caso de que se produzca algún atasco.

3. Modificaciones del molino: (731-85-4-0102)

- a) Nuevo conjunto de descarga periférico.

El conjunto actual debe sacarse del molino y las seis aberturas de descarga del revestimiento deben agrandarse hasta 711,2 x 790,5 mm (4) y 711,2 x 635 mm (2) en lugar de los 476 mm⁶ actuales (6).

Las nuevas piezas deben instalarse en el emparrillado y el cono central actuales.

Debido a las mayores dimensiones de las aberturas de descarga, con el mismo flujo de gas se reducirá la velocidad, es decir, se reducirá la caída de presión en todo el molino.

- b) Caja de descarga

Debe modificarse la caja de descarga para mejorar el dispositivo estanco.

Con ello se reducirán las fugas de aire en toda la instalación.

- c) La caja del cojinete principal

La caja del cojinete principal debe modificarse para mejorar el obturador, con lo que quedará mejor protegido.

- d) El cono actual del conjunto de descarga del compartimento de secado debe sustituirse por un nuevo elemento que tiene una mayor abertura central.

* El original inglés de este anexo no ha pasado por los servicios de edición de la Secretaría de la ONUDI.

Esta mayor abertura central reducirá la caída de presión en todo el molino al reducirse la velocidad, con el mismo flujo de aire.

- e) El cierre de las dos (2) cajas de alimentación debe modificarse.

Con ello se reducirá la fuga de aire en toda la instalación.

Con las modificaciones mencionadas, en condiciones normales de funcionamiento habrá una caída inferior de presión y menos fugas de aire en todo el molino, por lo que se reducirá igualmente la potencia necesaria del ventilador.

4. Nebulizador de agua (731-86-4-0900, 135-86-4-1006)

Agregamos este aparato al molino de materia prima para que el sistema de molienda-secado funcione eficazmente en el caso de que la humedad de la alimentación sea baja.

El sistema de molido del crudo fue diseñado para funcionar con una humedad de la alimentación del 12% a 90 MTPH. Cuando visité la fábrica en 1986, tomé las estadísticas de la humedad de la piedra caliza para los años 1983, 1984 y 1985, que adjunto al presente informe.

Por lo gráficos adjuntos se observará que la humedad final de la mezcla debería ser:

- 10% - Humedad máxima
- 7% - Humedad normal
- 4,5% - Humedad mínima

El ventilador del molino está construido para mover $251.000 \text{ m}^3/\text{h}$ (148.000 acfm) a 508 mm wg (20") y 104°C.

Con una baja humedad de la alimentación y sin nebulización de agua en el molino el ventilador debería mover $75.000 \text{ m}^3/\text{hr}$ (44.000 acfm) a 254 mm wg (10") y 104°C. De la curva del ventilador adjunta se desprende que con el volumen y la presión estática anteriores, el ventilador pasará al otro lado de la curva, donde es muy inestable. Por este motivo, agregamos un nebulizador de agua al molino.

5. Bombas del molino de crudo (D26 & E52) (135-86-4-1005, 135-86-4-1007)

Con las modificaciones siguientes las bombas deberían funcionar mejor y a la capacidad superior de 120 TMPH

- a) Tornillo - 220 mm
 - b) Válvula de charnela
 - c) Cinta transportadora de 10"
 - d) Válvula SK de 10"
 - e) Sistema de cierre a presión
- Como cambiamos la cinta transportadora de 6" a 10", necesitamos un mayor volumen de aire en todo el sistema.

- f) Agregar un (1) compresor C-150 con un motor de 100 HP capaz para 746 icfm ($1.268 \text{ m}^3/\text{hr}$) a 24 psi ($1,69 \text{ kg/cm}^2$) y 9.000 pies (2.743 m) de altura para cada bomba.
6. Cambiar de lugar el regulador de tiro D49. Ello es necesario ya que actualmente se encuentra ubicado en el tubo horizontal. Con una tasa de alimentación baja, habrá un menor volumen de gas que atraviese el tubo. Por ello, se producirá una acumulación de material a su alrededor, que lo bloqueará (135-86-4-0502).

B. ALIMENTACION DEL HORNO

Bomba F-K - E49

Son necesarias las modificaciones siguientes para un mejor funcionamiento de la bomba:

- a) Tornillo - 220 mm
- b) Válvula de charnela
- c) Cinta transportadora de 8"
- d) Válvula SK de 8"
- e) Cierre a presión

C. MOLINO DE ACABADO

Bombas F-K - G47 & G47A

- a) Tornillo - 190 mm
- b) Cierre a presión