

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



“APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NACIONALES
PARA LA FLUORACIÓN DEL AGUA POTABLE”

Trabajo de graduación presentado por Antonio Aguirre Arango para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

1994

**“APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NACIONALES
PARA LA FLUORACIÓN DEL AGUA POTABLE”**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS Y HUMANIDADES



“APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NACIONALES
PARA LA FLUORACIÓN DEL AGUA POTABLE”

Trabajo de graduación presentado por Antonio Aguirre Arango para
optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Química

Guatemala

1994

Vo. Bo.


X

Ing. Eduardo Calderón
Asesor

Terna examinadora:

X

Ing. Eduardo Calderón


Lic. Roberto De León Fajardo

X

Ing. Pedro Lezama

Fecha de aprobación: 31 de octubre de 1994

CONTENIDO

Resumen	viii
I. Introducción	1
II. Antecedentes	2
A. Historia de la fluoruración del agua potable	2
B. Fluoruración del agua potable en Guatemala	3
C. Descripción del fluoruro de calcio	4
1. Propiedades físicas y químicas del CaF ₂	4
2. Localización del CaF ₂ en Guatemala	4
3. Empleo del CaF ₂ en la fluoruración del agua potable	5
III. Justificación	6
IV. Objetivos	7
A. Generales	7
B. Específicos	7
V. Hipótesis	8
VI. Metodología	9
VII. Resultados.....	10
A. Estudio de mercadeo	10
1. Determinación del área de estudio	10
2. Consumo de CaF ₂	10
3. Descripción y presentación del proyecto	10
4. Situación actual de fluoruros para la fluoruración de las aguas	11
5. Condiciones generales para utilizar la CaF ₂	11
6. Toxicidad de la fluorita	11
7. Materiales de construcción para trabajar la fluorita	12
B. Análisis de la planta	12
1. Capacidad	12
2. Localización	13
3. Vida útil del proyecto	13
C. Descripción del proceso en general	14
D. Principios y descripción de cada etapa del proceso	14
1. Reducción de tamaño	15
a. Molino giratorio	15
b. Molino de bolas	15
2. Flotación	15
3. Espesor continuo	16
4. Filtro de tambor	16
5. Secador rotativo	17
6. Equipo auxiliar	17
7. Almacenamiento	18

8. Diagrama de flujo del proceso	18
E. Condiciones de terreno y edificios	19
1. Terreno	19
2. Edificios	20
F. Costo del equipo	20
G. Evaluación económica del proyecto	21
1. Inversión total	21
2. Costos de operación	22
2.1 Costos fijos	22
2.2 Costos viables	23
3. Valor de salvamento	23
4. Valor presente del proyecto	24
5. Utilidades esperadas en el proyecto	24
6. Tasa interna de retorno del proyecto	25
7. Período del retorno de la inversión	26
8. Valor de compra de la fluorita con importación directa	26
VIII. Discusión de resultados	27
IX. Conclusiones	28
X. Recomendaciones	29
XI. Bibliografía	30
XII. Anexos	32

RESUMEN

Los resultados obtenidos en este estudio de perfectibilidad de producir la fluorita de los recursos naturales no renovables nacionales son los siguientes:

- Es más rentable producir la fluorita localmente que comprarla con importación directa.
- El proyecto tiene una tasa de retorno de 36.35%, lo que implica que el periodo de retorno de la inversión es de dos años con nueve meses.

Por lo anterior, el proyecto es factible y de llegarse a realizar, se produciría la fluorita localmente con la finalidad de fluorurar el agua potable municipal a un nivel óptimo de concentración de 1ppm así prevenir la carie dental en el público usuario.

Para la realización del proyecto, se hace necesario hacer conciencia a las autoridades municipales de la importancia de fluorurar el agua potable y con ella, reducir la caries dental, sobre todo en las áreas marginales.

I. INTRODUCCIÓN

El trabajo que se presenta a continuación es un estudio de factibilidad para aprovechar los recursos naturales nacionales no renovables, en la producción de un compuesto destinado a fluorurar el agua potable nacional.

El estudio se realizó a partir de los recursos naturales nacionales no renovables disponibles y su principal objetivo es el de transformar dichos recursos de su forma original, a la Empresa Municipal de Agua (EMPAGUA). Solamente se comprenderá la demanda de dicha empresa, ya que se responsabiliza del 83% de la tubería instalada actualmente, para realizar la determinación de tamaño y capacidad de la planta.

Asimismo, se determinó el proceso, la tecnología y el diseño del equipo principal a emplear para producir la sal del flúor a partir de su forma natural, conforme a nuestras necesidades y a nuestro medio.

También se llevó a cabo una evaluación económica del proyecto en términos costo-beneficio, según la comparación entre producirlo localmente y el procedimiento de importación tradicional, determinando así cual opción es la más aconsejable a seguir.

II. ANTECEDENTES

A. Historia de la fluoruración del agua potable

Alrededor del mundo se encuentra un número considerable de depósitos naturales de fluoruro, especialmente en forma de espato de flúor, apatita, criolita, topacio y turmalina, También se ha encontrado que el agua de mar contiene 1.4 ppm (partes por millón) o 1.4 miligramos de flúor en un litro de agua; además, también se encuentra flúor en muchos alimentos en su forma natural, como por ejemplo en el té y en los mariscos. (6,17).

En el mundo existen muchas áreas en las que el contenido de fluoruro en su forma natural es de 0.7 a 1 ppm. La concentración de fluoruro tiende a ser más alta en aguas templadas y alcalinas, también dependiendo de la velocidad del agua sobre las rocas, la naturaleza y la porosidad de dichas rocas. (6).

Todo lo anterior nos muestra por qué se tiene al flúor como el elemento número 13 en abundancia en la superficie terrestre (6).

Como consecuencia de los distintos niveles de fluoruros en las aguas en su forma natural, hace ya más de cincuenta años se empezó a observar que ciertas personas eran más susceptibles que otras a tener caries dental. También se observó que otras personas presentaban unas manchas blancas, opacas y hasta agujeros en el esmalte del diente. A estas últimas anomalías en la dentadura, que pueden ser no permanentes o permanentes, se les denomina “fluorosis dental”. Luego de un extenso estudio de laboratorio con perros y gatos, se determinó que el contenido óptimo de flúor en el agua es de 1 ppm para clima templado, ya que esta concentración ayuda a prevenir la caries dental sin peligro a provocar fluorosis dental (18).

B. Fluoruración del agua potable en Guatemala

Con la fluoruración se pretende hacer llegar a las personas la dosis óptima de flúor, para prevenir la caries dental. La odontología en nuestro país viene siendo orientada, desde hace más de quince años, hacia la práctica eminentemente preventiva, con la ayuda de la Organización de la Salud, (OPS), (18).

En el último reporte oficial que data de Julio de 1979, fecha en la que el Gerente de EMPAGUA, era el Ingeniero Oscar Martínez, informa lo siguiente:

El agua municipal está siendo dotada de fluoruros en sus diversos tanques de colección y tratamiento, llevándose a una concentración de 1.0 a 1.1 ppm, en tanto que el agua de la compañía mariscal, no está siendo dotada de dichos fluoruros. Al tomarse muestras de agua en diversos puntos de la ciudad capital, se ha determinado una concentración diferente, como consecuencia de la dilución que sufre el agua al incorporársele otros caudales provenientes de pozos perforados en diferentes sitios (18).

Los valores promedio obtenidos para cada tanque fueron los siguientes:

Del Guarda	1,3,8,11,12 y 13	0.76
La Brigada	7 y 19	0.27
Santa Luisa	1, 5, 6 y 9	0.95
Cambray	10, 14 y 15	0.73
Las Ilusiones	6 y 18	0.70

El promedio que resultó fue de 0.68 ppm, pero es preferible el considerar los datos en particular (18).

El abastecimiento de agua potable servida a la población urbana a través de conexión domiciliaria alcanza solo un 40.6% de la demanda total, mientras que en el área rural es de 1.4%. El sistema de tubería total instalada de la empresa municipal es el 83% de la nacional y proporcionan un promedio de 6,840,000 metros cúbicos de agua (114,00 pajas), provenientes de un caudal que oscila entre 2.3 y 2.8 metros cúbicos por segundo, según se encuentra en estación seca o lluviosa, respectivamente (19).

En Guatemala, la fluoruración siempre se ha hecho por decisión de las propias autoridades encargadas de abastecimiento de agua a las diversas poblaciones de la ciudad capital. Según un reporte hecho por la OPS en marzo de 1978, el número estimado de habitantes con agua fluorada es de 500,000 personas en la capital de Guatemala (19).

C. Descripción del Fluoruro de Calcio (CaF_2)

1. Propiedades físicas y químicas

El fluoruro de calcio tiene una masa molecular de 78.08 g/mol, su aspecto es incoloro en estado puro, pero comúnmente se presenta en colores verde, azul, amarillo, lila, café, azul-negro y raramente con coloración rosada o roja. Casi todas las variedades son fluorescentes y algunas son fosforescentes después de ser expuestos al calor o bien a la luz ultravioleta. El índice de refracción del CaF_2 es de 1.4339, su densidad relativa de 3.180 (a 20° C) y su punto de fusión es de 1330° C. Su solubilidad en 100 partes de agua es de 0.0016 partes de fluoruro a 18° C y 0.0017 partes de fluoruro a 26° C. (10, 16, 17).

2. Localización del CaF_2 en Guatemala

Dado que el flúor es el elemento más electronegativo y reactivo que se conoce, no se encuentra libre en la naturaleza, sino en minerales como la fluorita (espato de flúor o fluoruro de calcio). En Guatemala existen depósitos de fluorita en los siguientes lugares: Cubulco, departamento de Baja Verapaz, Morazán, departamento de El Progreso, y en los municipios de Cabañas y Usumatlán en el departamento de Zacapa.

3. Empleo del CaF_2 en la fluoruración del agua potable

La fluorita sería ideal para la fluoruración de las aguas sino fuera que existen una serie de dificultades en cuanto a su uso, radicando estas principalmente en el bajo grado de solubilidad del compuesto en el agua (prácticamente insoluble). A partir de 1963, en Brasil, se iniciaron una serie de experimentos para fluorurar las aguas con fluorita, mineral de gran abundancia en ese país. Se encontró que la fluorita se disuelve en una solución de sulfato de aluminio en la proporción de una parte del ion flúor por cada diez partes de solución de sulfato de aluminio. Lo anterior abrió las puertas para utilizar la fluorita disuelta en una solución de sulfato de aluminio para fluorurar aguas, junto con otras dos opciones: poner la fluorita en piedra por un largo período de contacto y dejar la fluorita en polvo en una suspensión acuosa (el tamaño de partícula debe ser menor que la malla 325). (17)

En Brasil se utilizaron dosificadores volumétricos y tanques de disolución para la fluorita, pero estos causaron muchos problemas, por lo que se buscó otra forma de utilización del producto sin necesidad de dicho equipo. Así, en el año de 1971, se logró una simplificación del proceso de fluoruración con la fluorita, que consistió en la disolución del compuesto en los mismos tanques en que se preparaba la solución de sulfato de aluminio, tanques ya existentes en las plantas de tratamiento de agua. Al ser preparada la solución de sulfato de aluminio, se agrega la cantidad exacta de fluorita que esa solución es capaz de disolver y se mantiene en agitación constante por 24 horas. La solución así preparada se aplica al agua, siempre con agitación. Los resultados obtenidos fueron ampliamente satisfactorios y facilitaron la eliminación de equipos costosos que daban problemas de operación. (17, 18)

III. JUSTIFICACIÓN

Los beneficios de la adición de flúor al agua potable son mundialmente reconocidos, en cuanto a su aporte en la prevención de la caries dentaria.

En nuestro medio, la sal de flúor necesaria siempre se ha importado, a pesar del alto costo que ello implica. Teniendo conocimiento que el país existen recursos naturales que pueden ser empleados para la fluoruración del agua de consumo humano, se hace necesario realizar un estudio de este tipo para determinar si esta última opción es económicamente más favorable que obtener el compuesto de flúor del exterior.

IV. OBJETIVO

A. Objetivos generales

Diseñar la planta para la extracción de la fluorita a partir de los recursos naturales disponibles en nuestro país.

Realizar un estudio económico del proyecto a través del tiempo y hacer un análisis de costo-beneficio.

B. Objetivos específicos

Demostrar la factibilidad de obtener la fluorita localmente mediante un método de extracción.

Establecer si es económicamente rentable dicha obtención en comparación con la importación directa tradicional de las sales de flúor.

V. HIPÓTESIS

La hipótesis de este trabajo es la siguiente:

Es económicamente más favorable utilizar los recursos naturales no renovables para producir localmente un compuesto destinado a la fluoruración del agua potable municipal, que importarlo directamente.

VI. METODOLOGÍA

Con el fin de corroborar la hipótesis se va a realizar un estudio de mercado, un análisis de la planta, una descripción del proceso y de cada una de sus etapas, y una evaluación económica del proyecto.

El estudio de mercado delimita el área de estudio, el consumo de fluorita, empleo actual de fluoruros para la fluoruración del agua potable, condiciones generales para poder utilizar la fluorita, y la toxicidad y materiales de construcción recomendados para trabajar la fluorita.

En el análisis de la planta se establece la capacidad, localización y vida útil del proyecto.

La descripción del proceso se hace primeramente de manera general t luego específicamente para cada etapa del proceso, incluyéndose al final un diagrama de flujo que sirve como una rápida referencia del proceso.

Además, también se establecen los requerimientos de terreno y edificios para la planta y el costo del equipo a emplear en las etapas del proceso.

Finalmente, se realizará una evaluación económica del proyecto, calculándose la inversión inicial, los costos de operación, el valor de salvamento, el valor presente neto del proyecto, las utilidades esperadas, la tasa de retorno del proyecto y el período de retorno de la inversión. Además, se calcula el valor de la opción de comprar la fluorita del exterior.

VII. RESULTADOS

A. ESTUDIO DE MERCADO

1. Determinación del área de estudio

El área que se analiza en este trabajo solamente pertenece a las aguas a cargo de la empresa estatal, EMPAGUA.

2. Consumo de CaF_2

Se determinó que la cantidad necesaria para fluorar 2.80 metros cúbicos por segundo de agua (caudal máximo en estación lluviosa) a una concentración normal y de 550 gramos por minuto de fluorita al inicio de operaciones (50% de exceso). Nótese que lo anterior implica que se debe dosificar 42 litros por minuto de solución de sulfato de aluminio al 4% para disolver el fluoruro.

3. Descripción y presentación del producto

La fluorita se puede presentar en los siguientes tres grados comerciales de pureza:

CONTENIDO

Tipo	Fluorita	Sílice	Carbonato de calcio
Metalúrgico	85%	5.0%	--
Cerámico	95%	2.5%	1.55
Ácido	97%	1.0%	1.5%

Este estudio analiza la producción nacional del segundo tipo de fluorita, es decir, de tipo cerámico. El producto es en polvo en el cual el 75% del material es más fino que la malla número 325. La fluorita de tipo cerámico se presenta en el mercado en sacos comerciales de 45.45 kg (100 libras). (17)

4. Situación actual de fluoruros para la fluoruración de las aguas

En la actualidad, EMPAGUA utiliza solamente silicofluoruro de sodio para fluorurar las aguas, para la obtención de este compuesto siempre se ha recurrido a la importación, con la consiguiente dependencia y alto costo que esto implica. El costo actual de esta sal de flúor es alrededor de Q.200/Kg Precio CIF* en el puerto de Santo Tomas de Castilla. Como se mencionó con anterioridad, la fluorita puede ser empleada en lugar de la sal actual.

*CIF significa que incluye costo + seguro + transporte

5. Condiciones generales para utilizar la fluorita

Existen dos condiciones generales para poder utilizar la fluorita en la fluoruración de las aguas, estas son las siguientes: A) que se disponga sulfato de aluminio como coagulante en la planta de tratamiento de agua; y B) que sea rentable el proyecto para recuperar la inversión hecha en equipo auxiliar, tales son, los tanques de disolución de la fluorita. (16, 17)

6. Toxicidad

La fluorita es el menos tóxico de los compuestos de flúor. Aun así, es indispensable tomar todas las precauciones recomendadas para el manipuleo y uso de este compuesto (ver anexo, página #54). (17)

7. Materiales de construcción para trabajar la fluorita

Es aconsejable poner revestimientos en las instalaciones. Para el producto en solución se utiliza acero inoxidable, caucho, plástico o madera y cuando se trata con producto sólido seco, se utiliza hierro galvanizado, bronce y acero inoxidable. (17)

B. ANÁLISIS DE LA PLANTA

1. Capacidad

En vista de que el objetivo principal de este trabajo es el de analizar la alternativa de producir nuestro propio fluoruro (la fluorita al 95% de grado de pureza) y así desplazar el empleo y el gasto que conlleva la importación de la sal actualmente empleada, se determinó que la capacidad de la planta debe de cubrir el consumo actual total que se produciría al utilizar nuestro propio fluoruro. Si fijamos que la planta va a trabajar al 80% de su capacidad para producir la fluorita de grado cerámico para la fluoruración del agua, esta planta debe de producir 290 toneladas métricas por año. Con el tiempo la misma planta aumentaría su capacidad de producción, pero a pesar de esto nunca llegaría a alcanzar el 100% de su capacidad instalada.

Los depósitos del recurso natural localizados en la actualidad, sobre todo el mayor de ellos localizado en Usumatlán, en el departamento de Zacapa, cubren holgadamente dicha producción. En estos lugares la fluorita se encuentra junto a otros compuestos, los cuales ya han sido identificados y pueden ser separados del producto por métodos convencionales, tal y como se verá en la descripción del proceso de separación. (6)

Para llegar a la producción establecida, si se trabajan los 30 días del mes, en jornadas de 8 horas diarias, se requiere de producir 115 kilogramos por hora; lo anterior implica que mensualmente se dedicaran 213 horas a la producción de la fluorita de grado cerámico y 30 horas a la limpieza y mantenimiento del equipo. La producción mensual será de 24.167 kilogramos de fluorita de grado cerámico.

2. Localización

A partir de los lugares en donde se localiza la materia prima y del lugar en donde se va a utilizar el producto. Se establece el lugar en el que se debe colocar la planta.

La materia primase localiza en Baja Verapaz, El Progreso y Zacapa, siendo los dos últimos los principales yacimientos, por lo que lo más conveniente a hacer es descartar el de baja Verapaz por su relativamente poca cantidad de materia prima y su localización más distante con respecto a la distancia entre los otros dos departamentos de estudio. El estudio para localizar la planta se limitará a los depósitos de Morazán, en el departamento de El Progreso, y en los municipios de Cabañas y Usumutlán, en Zacapa. Como se puede aprecia en un mapa de la República de Guatemala, los municipios de Usumatlán y Cabañas están solamente separados por el río Motagua y también se puede ver que ambos municipios son fronterizos con el departamento de El Progreso, en donde se localiza el municipio de Morazán al occidente, a unos 50 kilómetros de distancia de Usumatlán y Cabañas.

El grupo objetivo, como hay se mencionó con anterioridad, es únicamente la gente que hace uso del agua potable en la capital de Guatemala y el producto es exclusivamente para el uso en la fluoruración de las aguas de EMPAGUA.

De todo lo anterior se determinó que el lugar óptimo para colocar la planta, es a las afueras de la cabecera de El Progreso, ya que este punto se localiza en medio de los yacimientos de fluorita de mayor interés, tiene fácil acceso tanto a los yacimientos como a la capital y solo quedaría por considerar que el lugar debe poseer agua suficiente, drenajes. Energía eléctrica y mano de obra calificada.

3. Vida útil del proyecto

La vida útil de un proyecto se limita a causas económicas, causas físicas del equipo y/o a obsolescencia tecnológica. Un valor adecuado para este tipo de planta es de una vida útil de 15 años, a partir del inicio de sus operaciones. (1)

C. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EN GENERAL

La fluorita proveniente de la mina se procesa mediante procedimientos usuales de minería, trituración, tamizado, procesos de separación y secado. (18)

El mineral en bruto se pasa a través de un molino giratorio, que lo reduce a tamaños particulares de 1 a 3.8 cm de diámetro. Seguidamente un molino de bolas lo reduce a polvo el orden de malla número de 35 a 200. El mineral contiene impurezas que le son eliminadas al introducirlo en los tanques de flotación, en donde se forma una lechada con 20 a 25% de sólidos. El concentrado final de la flotación se bombea a un espesador, desde el cual se pasa la pulpa (que contiene de 50 a 60% de sólidos) a un filtro de tambor, y luego a un secador rotativo. Finalmente, el producto final con humedad aproximada de 1%, se procede a almacenar, para luego empacarse y enviarse. (6)

D. PRINCIPIOS Y DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA DEL PROCESO

No existen alternativas tecnológicas para el proceso antes descrito, ya que cada etapa solo puede ser desempeñada por un equipo en especial. Así, para la reducción de tamaños que se desea, solamente la combinación de un molino giratorio con uno de bolas, logran el tamaño que queremos obtener. Igualmente pasa con la flotación, que debe ser seguida por un espesador, un filtro de tambor y un secador rotativo, para que el producto final sea de la pureza y características que se requiere. Probablemente con el tiempo se llegue a obtener un producto más rentable de separación, pero en la actualidad el más aconsejable para este tipo de proceso es el de flotación. (6, 9, 17)

1. Reducción de tamaño

a. Molino giratorio.

La piedra en bruto tiene un tamaño promedio de 20 cm de diámetro, el cual debe de reducirse mediante un molino giratorio a 3 cm de diámetro. El proceso se conduce al molino en camones de carga, provenientes de las minas. Este tipo de molino reduce el tamaño de la piedra al aprisionarla y deshacerla entre el cilindro suelto giratorio y la pared del aparato. En nuestro caso, se necesita de un molino que pueda trabajar con 135 kilogramos por hora, con apertura aproximada de $0.5 \times 0.8 \text{ m}^2$ y que requiera de 3 Kw (4 hp). El material de construcción es acero inoxidable. (3, 7, 10, 11)

b. Molino de bolas.

Tiene por objeto el reducir el mineral a partículas con tamaño de malla 200. Esto lo hace al chocar las bolas contra el material adentro de un cilindro en rotación. Este molino debe de trabajar a una velocidad de 135 kilogramos por hora. Para ello se requiere que tenga un diámetro de 0.61 m, longitud de 0.92 m y el diámetro de las bolas (que ocupan el 35% del volumen) es de 1 cm. La potencia del motor debe ser de 3 Kw (4 hp) y su material de construcción acero inoxidable. (3, 7, 10, 11)

2. Flotación

Este paso es el más importante del proceso, ya que aquí se lleva a cabo la separación de la fluorita de sus demás impurezas, tomando en cuenta que no sería eficiente si la molienda no fuese de las características requeridas, porque no se tendría la cantidad de contacto deseado. Las impurezas, en especial el sulfuro de cinc y el de plomo, flotan por el efecto de sustancias químicas que se añaden a la lechada del mineral, para mantener un pH entre 8.5 y 10.0; Otro reactivo es un espumante, ácido oleico (con miras de coleccion) y quebracho (para reducir la calcita). Para obtener el grado de pureza que se desea, se deben de poner tres tanques de flotación en serie y el intercambio de material entre uno y el otro, se lleva a cabo por gravedad al rebalsar

el tanque inmediato anterior. El tipo de tanques de flotación a emplear es de tipo Agitair (ver anexo, Figura #1), por su simpleza, alta eficiencia y que solamente requiere de un compresor, un propulsor (un disco plano) y un estabilizador recubierto de caucho o “pelador de burbujas” (elimina los puntos muertos y mejora el contacto entre burbuja y material). Todo el equipo anterior es incluido en el tanque de flotación. Con un tiempo de residencia de dos horas, cada tanque debe tener una capacidad de 1 tonelada por hora, está compuesta por agua, mineral, reactivos y un factor e sobredimensionamiento para que trabaje con holgura. (2, 5, 8, 9, 10, 14)

3. Espesador continuo

Este equipo no es más que un tanque de gran diámetro y baja profundidad con rastrillos giratorios de baja velocidad para eliminar el lado (ver anexo, Figura #2). La lechada proveniente del tanque de flotación, con 20 a 25% de sólidos, se alimenta por el centro del tanque a razón de 0.28 litros por segundo mediante una bomba. Para cumplir con el requerimiento se debe tener un tanque de 1 metro de altura por 4.14 metros de diámetro, con velocidad de sedimentación interior de 110 cm por día. El agitador, que debe moverse lentamente, trabaja a 0.5 rpm y lo constituye 4 aspas formando una X, cada una de longitud de 1.90 m y altura de 0.70 m. El motor hace girar al agitador y tiene una potencia de 3.75 Kw (5 hp). (2, 4, 5, 9, 10, 12)

4. Filtro de tambor

El filtro de tambor giratorio tradicional es el filtro continuo el vacío. Consiste esencialmente en un tambor cilíndrico sostenido en un tanque por su extremo superior por el que recibe la alimentación, rotando el tambor en torno a su propio eje (plano horizontal) mediante un motor trifásico de 3.75 Kw (5 hp). El interior comprende varios comportamientos poco profundos cubiertos con una rejilla de drenaje y una tela de filtro. La torta del filtro se descarga de la superficie del tambor mediante una hoja raspadora al invertir la presión. En la actualidad existen muchas compañías que producen tambores tradicionales y en su gran

mayoría, ya incluyen el sistema de vacío, una fuente de aire comprimido, el propulsor del tambor y del agitador. Las características necesarias del filtro son las siguientes: Diámetro del tambor de 1.83 m, largo del tambor de 1.83 m, área superficial del filtro de 10.50 m cuadrados, número de discos entre 2 y 8, área de filtración por disco de 4.37 m cuadrados, área nominal de 2.60 m cuadrados y área efectiva de 2.32 m cuadrados. El material de construcción debe ser acero inoxidable. (2, 5, 10, 14).

5. Secador rotativo

Consiste en un cilindro con un montaje de hojas para mezclar, que gira en torno al eje longitudinal, accionado por un motor trifásico de 3.75 Kw (5 hp); La fluorita mojada penetra en el extremo elevado y se saca al ponerse en contacto con el aire caliente ocasionado por la llama proveniente de la combustión del diésel. Requiere de una tolva de 1.0X2.0 m cuadrados de área superior, en la que recibe la fluorita proveniente del filtro de tambor y se introduce al interior del secador, mediante un tornillo sin fin que trabaja a 2 rpm, de 0.50 m de largo y 0.15 m de diámetro. El secador debe ser de 3.00 m de largo por 0.580 m de diámetro y su consumo de diésel será alrededor de 0.76 litros por minuto (12.00 galones por hora). El material de construcción es acero inoxidable. (2, 5, 1, 13, 14)

6. Equipo auxiliar

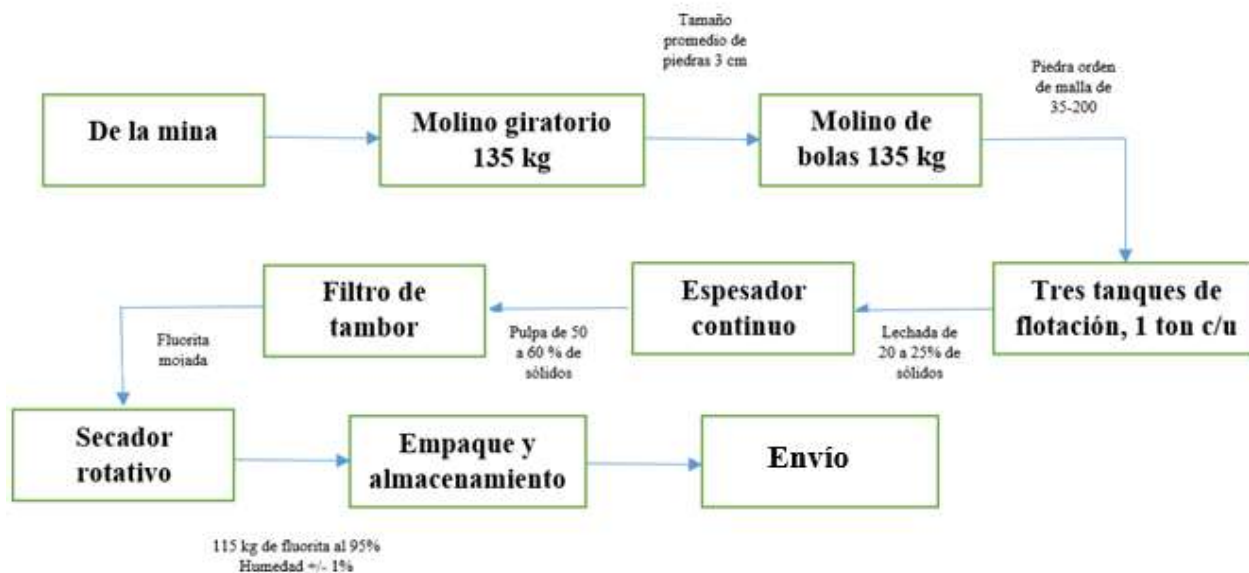
1. Bomba de desplazamiento positivo.

Se requieren 2 bombas de este tipo, una después del proceso de flotación y la otra luego del espesador. Ambos son de 2 lóbulos. Para la primera: Caudal de 0.13 metros cúbicos por segundo, carga desarrollada de 0.61 m, potencia de 0.19 Kw (0.25 hp), diámetro de succión de 3.0 cm y diámetro de descarga de 2.5 cm. Para la segunda: Caudal de 0.11 metros cúbicos por segundo, carga desarrollada de 1.07 m, potencia de 0.19 Kw (0.25 hp), diámetro de succión de 3.0 cm y diámetro de descarga de 2.5 cm. Eficiencia de ambas bombas de 65%. (2, 10, 13)

7. Almacenamiento

Se debe almacenar al fluoruro de calcio en recintos secos y bien ventilados. Debe tenerse en consideración que no se debe almacenar directamente sobre el piso de cemento, ni hacer estibas mayores de 5 sacos. La manera de colocar la fluorita proveniente del secador dentro de los sacos se recomienda que sea manual, porque la velocidad de salida es poca y no hay necesidad de incurrir en gastos mayores al comprar una empacadora automática. (17)

A continuación, se detalla un diagrama de flujo del proceso. Base 1 hora.



E. CONDICIONES DE TERRENO Y EDIFICIOS

1. Terreno

El área que se necesita para la construcción de esta planta es de 13,500 metros cuadrados. Está estimada en base a los requerimientos a continuación listados:

Requerimientos de terreno

Sección	Área requerida en m ²
Área de producción	3,240
Bodega de producto	2,300
Oficinas	300
Servicios	420
Área verde	400
Parqueo	840
Bodega de materia prima	2,300
Área de carga y descarga	3,700
Garita de control	50
Total área requerida	13,500 m²

Es importante que el terreno sea localizado en una zona de fácil acceso, con energía eléctrica, agua en abundancia (de ser necesario, evaluar la posibilidad de abrir un pozo), drenajes, condiciones climatológicas adecuadas, entre otros.

También se deben de tomar en cuenta los terrenos en los que se localizan los yacimientos de fluorita, en lo que a sus proyecciones de extraer y transportar la fluorita se refiere.

2. Edificios

La planta requiere de dos construcciones grandes y de dos pequeñas. Los dos edificios grandes estarán dispuestos de la siguiente manera: El primero es una nave de 5540 metros cuadrados, en donde se encontrará el área de producción y la bodega de materia prima; El segundo será otra nave, anexa a la anterior, de 2720 metros cuadrados totales, en los que se localizará la bodega de producto terminado y los servicios (sanitarios, duchas, vestidores, taller de mantenimiento y limpieza). Ambas construcciones son cerradas de los cuatro lados y techadas con lámina galvanizada, la cual será translúcida en algunos puntos para aprovechar la luz solar.

Las construcciones pequeñas las constituyen las oficinas y la garita de control a la entrada siendo de 420 metros cuadrados y de 50 metros cuadrados, respectivamente.

F. COSTO DEL EQUIPO

A continuación, se presenta una lista con los diversos costos del equipo, en quetzales.

Cantidad	Equipo	Costo, Q.
2	Bomba de desplazamiento positivo (Q.6000 c/u)	12.000
1	Molino giratorio	18.500
1	Molino de bolas	11.000
3	Tanques de flotación (Q.4.500 c/u)	13.500
1	Espesador continuo	6.000
1	Motor del agitador	3.500
1	Tolva de alimentación	1.500
1	Filtro de tambor	18.000
1	Motor de filtro	3.000
1	Secador rotativo	15.000
1	Motor de tornillo	3.000

Cantidad	Equipo	Costo, Q.
1	Motor de secador	3.000
1	Tanque de diésel	8.000
1	Camión de carga y descarga	120.000
2	Válvulas rotatorias en forma de estrella(Q.1.800 c/u)	3.600
1	Tolva del secador	1.000
Costo total del equipo		Q.241,100

G. EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

1. Inversión Inicial

La inversión inicial del proyecto está constituida por la sumatoria del costo del equipo, del terreno y edificio y algunos costos extras, como lo son la conexión de electricidad trifásica, drenaje, calles internas, asesoría puesta en marcha, alumbrado de la planta y equipo básico de oficina. (1, 15)

El costo del equipo se estimó en el inciso F de la sección de resultados y es de Q241,100. El área necesaria de terreno se estimó en el inciso E de la sección de resultados y es de 13,500 metros cuadrados. En los lugares sugeridos para colocar la planta el metro cuadrado tiene un valor promedio de Q.50.00, por lo que el valor de del terreno es de Q677.500. Sabemos que requerimos 13,150 metros cuadrados de construcción a un valor promedio de Q220.00 el metro cuadrado, de ahí que el costo total del edificio es de Q2,893,000.00.

El valor de la conexión de electricidad trifásica depende de la localización de la planta, pero se sabe que, actualmente, se encuentra entre Q.45,000 y Q.55,000. El costo de los drenajes depende de su extensión y dimensión. La cantidad de asesoría que se puede necesitar es un factor muy difícil de establecer y se va a encontrar únicamente en la práctica, ya que depende mucho de la capacidad de los ingenieros de planta. Por todo lo anterior se considera que un valor apropiado para los costos extras es de Q.150,000.

La inversión inicial será de:

$$\text{Costo equipo} + \text{Costo terreno y edificios} + \text{Costos extras} = \text{Q.241,100} + \text{Q2.893,000} + \text{Q.677,500} + \text{Q.150,000} = \text{Q.3,961,600}.$$

2. Costos de operación

a. Costos fijos:

Los costos fijos están conformados principalmente por la sumatoria de los siguientes costos: Salario del personal, prestaciones laborales según la ley, mantenimiento de las instalaciones y gastos administrativos. (1, 15)

El personal necesario y su sueldo base mensual para trabajar en la planta es el siguiente:

Cantidad	Descripción	Costo mensual en Q.
5	Ingenieros de planta (Q4,000 c/u)	Q20,000
4	Administración (2xQ4,000; 1xQ10,000; 1xQ15,000)	Q33,000
3	Secretarias (2xQ.1,200; 1xQ.2,000)	Q4,400
8	Supervisores (Q.2,500 c/u)	Q20,000
10	Ayudantes (Q.1,000 c/u)	Q10,000
20	Operarios (Q.600 c/u)	Q12,000
2	Guardia de seguridad (Q.600 c/u)	Q12,000
4	Conserjes + Jardineros (Q.525 c/u)	Q2,100
	Costo mano de obra	Q.102,700

Por lo tanto, el costo fijo anual de mano de obra es de Q.1,232,400.

Las prestaciones laborales según la ley son las siguientes:

Indemnización, aguinaldo, bono 14, vacaciones y cuotas patronales y laborales del IGSS. Para los tres primeros rubros es el 100% del valor del salario mensual, mientras que para las vacaciones es el 50% y para las cuotas patronales y laborales del IGSS es del 10%. En base a lo anterior se estima que el costo fijo total anual por concepto de prestaciones laborales es de Q.370,000.

Para el mantenimiento continuo de las instalaciones y los gastos administrativos se considera un costo fijo anual de Q.50,000.

b. Costos variables

Los costos variables están compuestos por el costo de los insumos, materia prima, bonificaciones al personal por logros en producción, reparaciones en las oficinas y planta, reparaciones en el equipo y materiales de limpieza que varían según la producción. (1, 15)

El costo de los insumos está constituido por la sumatoria del costo de agua, electricidad, combustibles y teléfono, la cual asciende a un valor estimado de Q.52,500.

El costo de la materia prima es el valor de la roca en crudo, las sustancias químicas empleadas en el proceso de flotación, carbonato sódico anhidro, espumante, ácido oleico y quebracho. Según las cantidades consumidas de cada uno se estableció un costo total de materia prima de Q.6,351,000.

Entre los costos varios se encuentran los materiales de limpieza que varían según la producción, reparaciones sobre producción para el personal. Normalmente se acostumbra dejar un margen de Q.50,000 para este rubro, para estar cubiertos de cualquier imprevisto.

Los costos de operación son los siguientes:

Costos fijos + Costos Variables = (Q.1,232,400 + Q370,000 + Q.50,000) + (Q.52,000 + Q.6,351,000 + Q.50,000) Costo anual de operación = Q.8,105,900.

3. Valor de salvamento

En este rubro se ponen los valores que son recuperables luego de que el proyecto complete su vida útil estimada de 15 años. Los principales son el valor recuperable del equipo, sobre el terreno y sobre el edificio. (1, 15)

En el caso del equipo se estima que luego de 15 años solamente se podría recuperar Q.25,000 si se quisiera vender.

Para el terreno se considera que se puede vender luego en Q.575,000. Este valor es un poco menos del valor de compra original, pero va acorde a la tendencia futura decreciente e los precios territoriales. En cuanto al edificio, se estima que se puede valorar en más o menos la mitad de su valor inicial, es decir Q.1,500,000.

El valor de salvamento es:

$$\begin{aligned}\text{Valor salvamento (equipo + terreno + edificio)} &= \text{Q.25,000} + \text{Q.575,000} + \text{Q.1,500,000} \\ &= \text{Q.2,100,000}.\end{aligned}$$

4. Valor Presente del Proyecto

El valor presente (VP) del proyecto nos indica el valor real del proyecto llevado a cabo hoy en día, tomando en consideración su vida útil de 15 años. Para su estimación se toma una tasa de interés del 20% anual para todo el período de tiempo de estudio (ver anexo Tabla #1); Se pone esta tasa de interés en apariencia alta, pero es para mejorar la estimación, ya que con ello se incluye el valor del dinero en el tiempo.

5. Utilidades esperadas en el proyecto

Para hacer el proyecto atractivo debemos esperar ganar utilidades, ya que esta es la finalidad de la inversión. Lógicamente también existe un beneficio social que luego se discutirá, pero por lo pronto nos vamos a enfocar en el beneficio económico.

Una manera directa para establecer la ganancia anual es la de proponernos que sea del 40% más que el valor de los gastos de operación anual. Este 40% adicional van a ser nuestras ganancias netas y algo de estas ganancias debe estar destinado a amortizar la inversión inicial. El porcentaje que se amortizará anualmente depende del ciclo de vida del proyecto y de cómo la inversión se desenvuelva en el tiempo.

De lo anterior se obtiene que el valor presente de las ganancias de 15 años en este proyecto es de Q.15,159,654.

6. Tasa interna de retorno del proyecto

La tasa de retorno del proyecto la vamos a obtener cuando las utilidades esperadas proyectadas a 15 años sean igual al valor presente neto del proyecto. Su cálculo se hace de la siguiente manera:

$$0 = \text{Valor Presente} + \text{Utilidades esperadas}$$

$$0 = -41,724,445 + 15,48,654(P/A, i\%, 15)$$

$$(P/A, 20\%, 15) = 2,7523$$

De este valor sabemos que la tasa de interés del proyecto está entre 35 y 40%. Probamos con cada uno de estos valores (ver anexo, Tablas 3 y 4):

$$35\%: 0 = 1,109,157$$

$$40\%: 0 = 4,069,381$$

Por simple interpretación entre los valores anteriores calculando la tasa de retorno del proyecto:

$$\frac{1,109,157 - 0}{1,109,157 - (-4,069,381)} \times (5.0) = 1.0709$$

La tasa de retorno es $35.00 + 1.0709 = 36.07\%$

7. Período de retorno de la inversión

El período de retorno de la inversión es la cantidad de tiempo que transcurre hasta que el proyecto se paga por sí mismo. Al decir que se paga nos referimos a la totalidad del costo del proyecto, es decir, el valor presente total del proyecto para los 15 años estimados de vida útil.

En nuestro caso el tiempo de retorno de la inversión es de 2.75 años, o sea. 2 años con 9 meses.

8. Valor de comprar la fluorita con importación directa

La alternativa económica al proyecto de producir la fluorita es la de adquirirla por importación directa. El precio de esta sal es de alrededor de Q.300/Kg CIF precio en puerto de Santo Tomás de Castilla. Por lo tanto, si hacemos una proyección a 15 años de adquirir esta sal, con un incremento normal en las sales químicas de 7% (ver anexo, tabla #2) anual sobre su valor, podremos obtener el valor presente de esta opción y compararlo con el del proyecto.

Sabemos que la necesidad es de 290 toneladas anuales, de tal manera que el costo anual de este producto hoy en día sería de Q.87,000,000. Por lo tanto, al proyectar a 15 años obtenemos un valor total de esta alternativa de:

$$Q.87,000,000(P/A,7\%,15) = Q.792,387,300.$$

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

27

Es muy claro que la opción de producir la fluorita localmente es mucho más atractiva que la alternativa de importarla. En consecuencia, es conveniente crear conciencia en las autoridades de que un adecuado programa de fluoruración del agua potable, basado en la utilización de nuestro recurso natural, además de constituir un eficaz método preventivo de la caries dentaria, reportaría ventajas económicas.

Desde el punto de vista financiero, la opción de producir localmente la fluorita es muy atractiva, ya que aparte de tener una tasa de interés arriba del 36%, garantiza la disponibilidad del producto, controles de calidad manejables y sobre todo un precio mucho más bajo que importándola.

Al hacer un análisis costo-beneficio con los valores obtenidos anteriormente, es evidente que el proyecto como inversión es atractivo y que al considerar una tasa de retorno superior al 36% comparada con la de 20% anual esperada durante la duración del proyecto, nos indica la rentabilidad económica del mismo.

Es de resaltar que las medidas higiénicas y preventivas primarias contra las enfermedades toman cada día más auge y que tarde o temprano las organizaciones municipales van a tener que estudiar la factibilidad de fluorar el agua potable mediante métodos más rentables que garanticen su continuidad.

IX. CONCLUSIONES

- El valor presente (VP) de llevar a cabo el proyecto de producir fluorita localmente es de Q.41,724,445.
- Las utilidades anuales esperadas en el proyecto son de Q.3,242,360.
- La tasa de retorno del proyecto es de 36.07%
- La alternativa de importar la fluorita es no rentable comparada con la del proyecto de producirla localmente.

X. RECOMENDACIONES

1. Hacer más conciencia, principalmente en las entidades estatales, sobre los múltiples beneficios que tiene fluorar el agua potable en la prevención de la caries dentaria.

2. Tomando en consideración la disponibilidad de fluorita como recurso natural en Guatemala, es aconsejable el empleo de esta sal para fluorar el agua potable.

3. Otra razón por la cual es conveniente utilizar nuestra fluorita, estriba en que es una opción económicamente más favorable al comparar los costos de importación de otras sales de flúor.

4. Previo a llevar a cabo este proyecto, es imprescindible realizar los siguientes estudios complementarios:

- Una cuantificación actualizada de las reservas nacionales disponibles de fluorita, mecanismos apropiados de explotación y el costo que ello implica.
- Análisis de diseño e inversión en los equipos necesarios para la disolución de esta sal en las plantas de agua potable municipal.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Blank, Leland; Tarquin, Anthony. *Ingeniería Económica. 3ra. Edición.* McGraw-Hill, México. 1992. 546pp.

Cardenas, Armando; Carrasco, Salvador; Lepe, Jose. *Project Engineering. 4ta. Edición.* Editorial Continental S.A. México. 1997. 781pp.

Carr, Ralph L. *Properties of solids, Chemical Engineering deskbook issue.* Octubre 13, 1969. No. página 7 a 16.

Fitch, Bryant. *Batch Test Predict Thickener Performance, Chemical Engineering.* Agosto 23, 1971 No. página 83 a 88.

Foust, Alan S. *Principios de operaciones unitarias.* 2da. Edición Editorial Continental S.A. México. 1987. 752pp.

Maier, Franz J. *Fluoración del agua potable.* 1ra. Edición 1971. Editorial Limusa-Wiley, S.A. México. No. Página de 54 a 68.

Moir, Douglas N. *Size Reduction, Chemical Engineering.* Abril 16, 1984. No. Página de 54 a 68.

Mondal, Ervin O. *Concentración de cinc y plomo de un mineral.* Tesis de UVG, Facultad de Ciencias y Humanidades (ing. Química). Guatemala 1989. 82pp.

King, C. Judson, *Separation processes.* 2da. Edición. NY, McGraw-Hill Book Company. 1980, 850pp.

Perry, Robert H. *Biblioteca del Ingeniero Químico*. 6 tomos. 5ta. Edición. McGraw-Hill, México. 1986. 25 secciones.

Reece, Edwin. *Bulk solids Handling, Chemical Engineering*. Abril 29, 1985, No. página 39 a 52.

Seifert, Jay A. *Selecting thickeners and clarifiers, Chemical Engineering*. Octubre 12, 1987. No. Página 111 a 118.

Thomson, Fred M. *Smoothing the flow of materials though the plant: Feeders, Chemical Engineerign deskbook issue*. octubre 30, 1978. No. Página de 77 a 86.

Treybal, Robert. *Operaciones de transferencia de masa*, 2da. Edición. McGraw-Hill, México. 1890. 858pp.

Van Horne. *Administración financiera*. 7ma. Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México 1988. 930pp.

Weast, Robert C. *Handbook of chemistry and physics*. 45va. Edición. The Chemical Rubber Co. U.S.A. 1964. 6 secciones.

Aplicación de fluoruro de calcio, fluorita, en la Fluoración de las aguas. Curso audiovisual de Fluoración. Sección dental, división de la salud de la familia. Organización Panamericana de la Salud. Washington, D.C. U.S.A. 1976.

Técnicas de ingeniería aplicadas a la fluoruración de las aguas. Manual del curso corto. USAC, facultad de Ingeniería. Patrocinado por la Organización Panamericana de la Salud. Guatemala, octubre de 1968. 89pp.

Comunicación personal del Dr. Roberto Gareda al Autor. 1992.

XII. ANEXOS

Recomendaciones para el manipuleo y uso de la fluorita:

- No ingerir el producto, en caso de ingerir avisar inmediatamente a un médico o ir a un centro asistencial.

- Utilizar mascarilla para evitar la inhalación del polvo de fluorita o en caso de no tener mascarilla, evitar estar mucho tiempo expuesto a este polvo.

- Emplear guantes de látex para manejar la fluorita, sobretodo en grado cerámico, para evitar contaminarla.

Figura #1 Tanque de flotación tipo “Agitar”

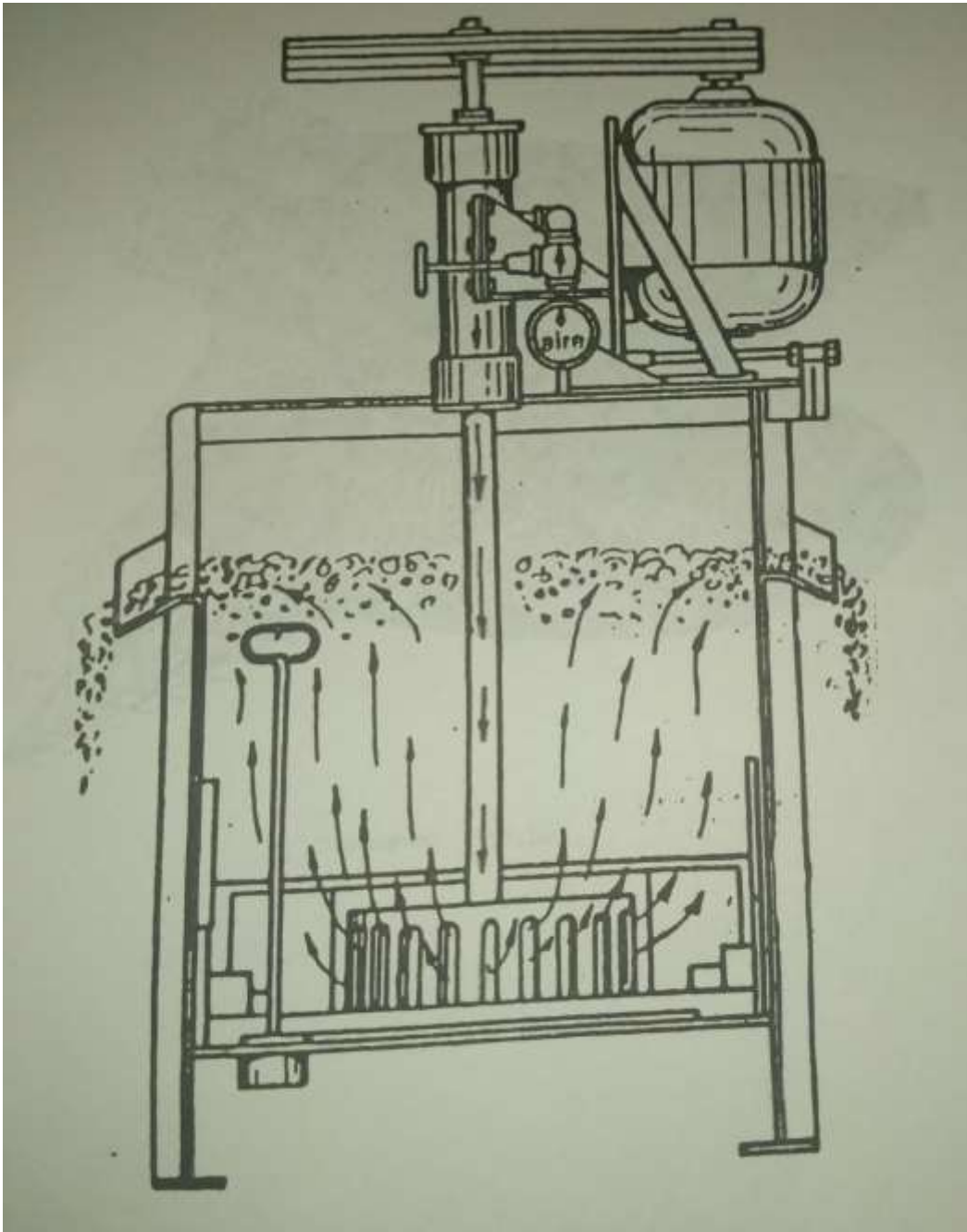


Figura #2 Espesador continuo



Tabla # 1
 FLUJO DE CAJA DISCRETO
 20.00% FACTORES DE INTERES COMPUESTO DISCRETO

N	PAGOS UNICOS		PAGOS DE SERIE UNIFORME				N
	CANTIDAD	VALOR	FONDO DE	CANTIDAD	RECUPERACION	VALOR	
	COMPUESTA	PRESENTE	AMORTIZACION	COMPUESTA	DE CAPITAL	PRESENTE	
	F/P	P/P	MF	PFA	AP	P/A	
1	1.2000	0.8133	1.00000	1.000	1.20000	0.8333	1
2	1.4400	0.5794	0.65855	2.200	0.65455	1.5278	2
3	1.7280	0.5787	0.27473	3.640	0.47473	2.1065	3
4	2.0736	0.4471	0.18629	5.368	0.38629	2.5887	4
5	2.4881	0.4019	0.13438	7.442	0.33438	2.9906	5
6	2.9860	0.3149	0.10071	9.930	0.30071	3.3255	6
7	3.5812	0.2791	0.07742	12.916	0.27742	3.6046	7
8	4.2970	0.2126	0.06061	16.499	0.26061	3.8372	8
9	5.1570	0.1938	0.04808	20.799	0.24808	4.0310	9
10	6.1917	0.1615	0.03852	25.959	0.23852	4.1925	10
11	7.4301	0.1346	0.03110	32.150	0.23110	4.3271	11
12	8.9161	0.1127	0.02526	39.581	0.22526	4.4392	12
13	10.6921	0.0935	0.02062	48.497	0.22062	4.5327	13
14	12.8192	0.0779	0.01689	59.196	0.21689	4.6106	14
15	15.4070	0.0649	0.01388	72.035	0.21388	4.6755	15
16	18.4884	0.0541	0.01144	87.442	0.21144	4.7296	16
17	22.1861	0.0451	0.00944	105.931	0.20944	4.7746	17
18	26.6211	0.0376	0.00781	128.117	0.20781	4.8122	18
19	31.9480	0.0311	0.00646	154.740	0.20646	4.8435	19
20	38.1376	0.0261	0.00536	186.688	0.20536	4.8696	20
22	55.2061	0.0181	0.00369	271.031	0.20369	4.9094	22
24	77.4968	0.0126	0.00255	392.484	0.20255	4.9371	24
25	95.3962	0.0105	0.00212	471.981	0.20212	4.9476	25
26	114.4755	0.0087	0.00176	567.377	0.20176	4.9563	26
28	164.8947	0.0061	0.00122	819.223	0.20122	4.9697	28
30	217.3761	0.0042	0.00085	1181.882	0.20085	4.9789	30
32	281.8719	0.0029	0.00059	1704.109	0.20059	4.9854	32
34	372.2215	0.0020	0.00041	2456.118	0.20041	4.9898	34
35	500.6682	0.0017	0.00034	2948.341	0.20034	4.9915	35
36	708.8019	0.0014	0.00028	3539.009	0.20028	4.9929	36
38	1020.679	0.0010	0.00020	5098.373	0.20020	4.9951	38
40	1469.772	0.0007	0.00014	7343.858	0.20014	4.9966	40
45	1657.262	0.0001	0.00005	18281.310	0.20005	4.9986	45
50	2100.418	0.0001	0.00002	45497.191	0.20002	4.9995	50

Tabla # 2
 FLUJO DE CAJA DISCRETO
 7.00% FACTORES DE INTERES COMPUESTO DISCRETO

N	PAGOS UNICOS		PAGOS DE SERIE UNIFORME				N
	CANTIDAD COMPUESTA FP	VALOR PRESENTE VP	FONDO DE AMORTIZACION AF	CANTIDAD COMPUESTA FIA	RECUPERACION DE CAPITAL AP	VALOR PRESENTE PIA	
1	1.0700	0.9346	1.0000	1.000	1.07000	0.9346	1
2	1.1449	0.8734	0.48309	2.070	0.55309	1.8080	2
3	1.2250	0.8163	0.31105	1.215	0.31105	2.6243	3
4	1.3108	0.7629	0.22521	4.440	0.29521	3.3172	4
5	1.4026	0.7130	0.17389	5.751	0.24389	4.1002	5
6	1.5007	0.6661	0.13980	7.153	0.20980	4.7665	6
7	1.6058	0.6227	0.11555	8.654	0.18555	5.3893	7
8	1.7182	0.5820	0.09747	10.240	0.16747	5.9713	8
9	1.8385	0.5439	0.08349	11.978	0.15349	6.5152	9
10	1.9672	0.5081	0.07218	13.816	0.14218	7.0216	10
11	2.1049	0.4751	0.06316	15.784	0.13336	7.4907	11
12	2.2522	0.4440	0.05590	17.884	0.12590	7.9427	12
13	2.4098	0.4150	0.04955	20.141	0.11965	8.3577	13
14	2.5785	0.3878	0.04418	22.560	0.11438	8.7455	14
15	2.7590	0.3624	0.03979	25.129	0.10979	9.1079	15
16	2.9522	0.3387	0.03596	27.888	0.10584	9.4466	16
17	3.1599	0.3166	0.03243	30.840	0.10241	9.7632	17
18	3.3799	0.2959	0.02941	33.999	0.09941	10.0591	18
19	3.6165	0.2765	0.02675	37.379	0.09675	10.3356	19
20	3.8697	0.2584	0.02439	40.995	0.09439	10.5940	20
22	4.4104	0.2257	0.02041	49.006	0.09041	11.0612	22
24	5.0724	0.1971	0.01719	58.177	0.08719	11.4493	24
25	5.4274	0.1842	0.01541	61.249	0.08541	11.6536	25
26	5.8074	0.1727	0.01454	68.676	0.08456	11.9258	26
28	6.4498	0.1504	0.01219	80.698	0.08219	12.1371	28
31	7.4123	0.1314	0.01054	94.441	0.08041	12.4090	31
32	7.7153	0.1247	0.00907	100.218	0.07907	12.6446	32
34	8.4791	0.1082	0.00740	128.259	0.07740	12.8540	34
35	10.6764	0.0937	0.00721	138.237	0.07721	12.9477	35
36	11.4239	0.0875	0.00672	148.913	0.07672	13.0152	36
38	13.0793	0.0765	0.00540	172.541	0.07540	13.1435	38
40	14.9745	0.0668	0.00501	199.635	0.07501	13.3117	40
45	21.0025	0.0476	0.00351	285.749	0.07350	13.6055	45
50	27.4570	0.0334	0.00246	406.529	0.07246	13.8007	50
55	33.3150	0.0242	0.00174	535.929	0.07174	13.9209	55
60	37.4464	0.0171	0.00121	713.520	0.07123	14.0292	60
65	41.2729	0.0123	0.00087	914.755	0.07087	14.1099	65
70	44.9899	0.0084	0.00062	1144.134	0.07062	14.1604	70
75	48.6776	0.0063	0.00044	1404.657	0.07044	14.1964	75
80	52.3234	0.0045	0.00031	1704.063	0.07031	14.2220	80
85	55.9599	0.0032	0.00022	2044.474	0.07022	14.2403	85
90	59.5711	0.0023	0.00016	2427.185	0.07016	14.2531	90
95	63.1650	0.0016	0.00011	2843.854	0.07011	14.2626	95
100	66.7414	0.0012	0.00008	3294.142	0.07008	14.2693	100

Tabla # 3
 FLUJO DE CAJA DISCRETO
 35.00% FACTORES DE INTERES COMPUESTO DISCRETO

N	PAGOS UNICOS		PAGOS DE SERIE UNIFORME				N
	CANTIDAD	VALOR	FONDO DE	CANTIDAD	RECUPERACION	VALOR	
	COMPUESTA	PRESENTE	AMORTIZACION	COMPUESTA	DE CAPITAL	PRESENTE	
	F/P	P/P	A/P	F/A	A/P	P/A	
1	1,1500	0,7407	1,00000	1,000	1,15000	0,7407	1
2	1,8725	0,5487	2,42551	2,150	0,77553	1,2894	2
3	2,8604	0,4064	0,21965	4,172	0,58966	1,6959	3
4	4,1215	0,3011	0,15076	6,611	0,50076	1,9969	4
5	5,6840	0,2210	0,10086	9,954	0,45046	2,2200	5
6	7,5514	0,1652	0,06926	14,438	0,41926	2,3852	6
7	9,7222	0,1224	0,04889	20,492	0,39880	2,5075	7
8	12,2014	0,0906	0,03489	28,664	0,38449	2,5982	8
9	16,0917	0,0671	0,02519	39,696	0,37519	2,6653	9
10	20,4066	0,0497	0,01812	54,590	0,36812	2,7150	10
11	26,1419	0,0368	0,01319	74,697	0,36319	2,7519	11
12	33,2942	0,0273	0,00982	101,841	0,35982	2,7792	12
13	41,8607	0,0202	0,00722	138,485	0,35722	2,7994	13
14	51,8441	0,0150	0,00512	187,454	0,35512	2,8144	14
15	63,3545	0,0111	0,00393	250,718	0,35393	2,8255	15
16	76,5019	0,0082	0,00290	334,897	0,35290	2,8337	16
17	91,2918	0,0061	0,00214	446,611	0,35214	2,8398	17
18	108,7216	0,0045	0,00158	599,925	0,35158	2,8443	18
19	128,7919	0,0033	0,00117	802,748	0,35117	2,8476	19
20	151,5016	0,0025	0,00087	1072,210	0,35087	2,8501	20
22	216,7886	0,0014	0,00048	2102,253	0,35048	2,8533	22
24	3142,797	0,0007	0,00026	3913,706	0,35026	2,8550	24
25	3412,776	0,0006	0,00019	5176,504	0,35019	2,8556	25
26	3447,248	0,0004	0,00014	6949,280	0,35014	2,8560	26
28	3460,109	0,0002	0,00008	12740,113	0,35008	2,8565	28
30	4128,550	0,0001	0,00004	23221,570	0,35004	2,8568	30
32	34034,28	0,0001	0,00002	42321,661	0,35002	2,8569	32
34	26994,01	0,0000	0,00001	77137,223	0,35001	2,8570	34
35	16444,69	0,0000	0,00001	134116,25	0,35001	2,8571	35

Tabla # 4
FLUJO DE CAJA DISCRETO
SERIE DE PAGOS DE INTERES COMPUESTO DISCRETO

N	PAGOS DE INTERES		PAGOS DE SERIE UNIFORME				VALOR PRESENTE PIA	N
	CANTIDAD COMPUESTA	VALOR PRESENTE	CANTIDAD AMORTIZACION AT	CANTIDAD COMPUESTA PIA	RECUPERACION DE CAPITAL AP	VALOR PRESENTE PIA		
1	1,0000	0,7143	1,0000	1,000	1,40000	0,7143	1	
2	1,0690	0,6515	0,9166	2,400	0,81667	1,2245	2	
3	1,1410	0,5969	0,8293	4,160	0,62936	1,5889	3	
4	1,2166	0,5481	0,7407	7,104	0,54077	1,8492	4	
5	1,2952	0,5039	0,6513	10,946	0,49136	2,0352	5	
6	1,3767	0,4639	0,5612	16,124	0,46126	2,1680	6	
7	1,4613	0,4274	0,4707	23,853	0,44192	2,2628	7	
8	1,5490	0,3938	0,3798	34,195	0,42907	2,3306	8	
9	1,6400	0,3627	0,2883	47,153	0,42034	2,3790	9	
10	1,7344	0,3336	0,1952	62,814	0,41432	2,4136	10	
11	1,8323	0,3061	0,1001	81,739	0,41013	2,4383	11	
12	1,9338	0,2801	0,0000	104,235	0,40718	2,4559	12	
13	2,0390	0,2554		130,929	0,40510	2,4685	13	
14	2,1480	0,2320		161,100	0,40363	2,4775	14	
15	2,2610	0,2096		195,420	0,40259	2,4839	15	
16	2,3780	0,1891		241,988	0,40185	2,4885	16	
17	2,5000	0,1703		301,788	0,40132	2,4918	17	
18	2,6270	0,1531		374,697	0,40094	2,4941	18	
19	2,7600	0,1374		461,576	0,40067	2,4958	19	
20	2,9000	0,1231		562,206	0,40048	2,4970	20	
21	3,0470	0,1099		687,245	0,40024	2,4985	21	
22	3,2020	0,0978		837,999	0,40012	2,4992	22	
23	3,3650	0,0867		1014,799	0,40009	2,4994	23	
24	3,5370	0,0765		1217,679	0,40006	2,4996	24	
25	3,7180	0,0672		1446,679	0,40003	2,4998	25	
26	3,9090	0,0588		1701,081	0,40002	2,4999	26	
27	4,1100	0,0513		1981,522	0,40001	2,4999	27	
28	4,3220	0,0446		2288,522	0,40001	2,4999	28	
29	4,5460	0,0387		2722,06	0,40000	2,5000	29	
30	4,7820	0,0336		3292,28	0,40000	2,5000	30	