CENTRO DE INFORMACION BIBLIOTECARIO
ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
No. DE INVENTARIO: D-32975
VALOR: $4.00
CLASIFICACION: T657.45 PIN
FECHA DE INGRESO: Nov 16/2004
PROCEDENCIA: ICM
SOLICITADO POR: CIB
T 657.45
PIN

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Instituto de Ciencias Matemáticas

"AUDITORIA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA SAL EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS CON EL OBJETIVO DE SUGERIR ESTÁNDARES DE CONTROL"

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

AUDITOR EN CONTROL DE GESTIÓN

CIB-ESPOL

Presentada por:

NATHALIA ELIZABETH PINOS ULLAURI

GUAYAQUIL-ECUADOR

AÑO

2004

ESPOL
CIB
D-32975

AGRADECIMIENTO

CIB-ESPOL

A todas las personas que colaboraron en la realización de esta obra, en especial al Instituto de Ciencias Matemáticas, y a mi Director de Tesis el ING. JORGE FERNÁNDEZ, por su paciencia y constante apoyo.

DEDICATORIA

A DIOS

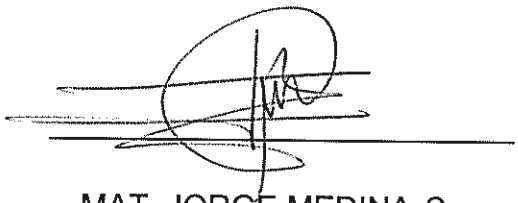
A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

A MIS SOBRINOS: Gabrielito y Gustavito

A BOLIVAR ALEJANDRO ALDÁS.

TRIBUNAL DE GRADUACION

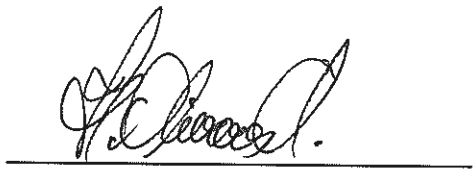


MAT. JORGE MEDINA S.

DIRECTOR DEL ICM

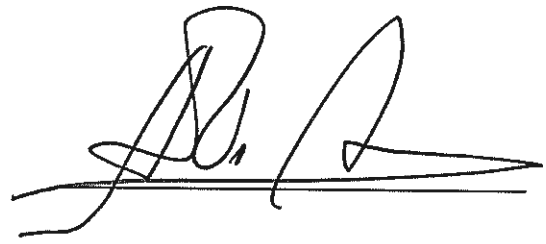
ING. JORGE FERNANDEZ R.

DIRECTOR DE TESIS



ING. FRANCISCO OLIVARES A.

VOCAL



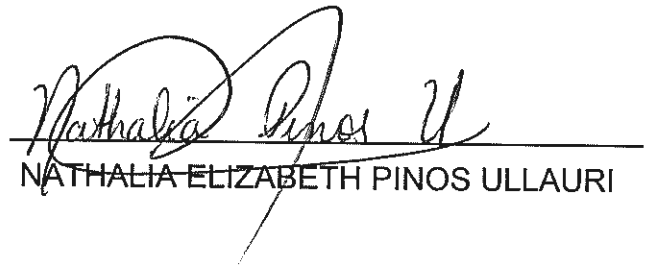
ING. ANTONIO VITERI M.

VOCAL

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de graduación de la ESPOL)



NATHALIA ELIZABETH PINOS ULLAURI

RESUMEN

El presente trabajo es producto de un estudio al proceso de producción de la sal en la provincia del Guayas, proceso que se comparó con un modelo mejorado obtenido a base de consultas con otras industrias en el mundo, para poder así sugerir estándares de control.

El Capítulo I presenta una serie de generalidades en cuanto a la sal, formas de cultivo y extracción, porcentajes de los principales productores de sal en el mundo, consumo a nivel mundial, historia del origen de la sal, normativas de aseguramiento de la calidad, análisis de piscinas y minas de sal a nivel mundial, etc.

El Capítulo II, describe minuciosamente los procesos de extracción y procesamiento de la sal que se realizan en las plantas de refinación de la Provincia del Guayas.

En el Capítulo III se presenta en la primera parte, la descripción detallada del proceso de producción de sal del modelo mejorado, haciendo hincapié en cada una de sus fases.

En la segunda parte se realiza un análisis profundo y cualitativo del proceso de producción actual, y se lo compara fase a fase con el modelo mejorado. De esta manera se obtienen los hallazgos de auditoria donde se definen claramente la condición, el criterio, la causa y el efecto de los mismos. Posteriormente se proponen las áreas posibles de mejora según el análisis cualitativo realizado.

Finalmente se exponen las conclusiones y proponen las medidas correctivas apropiadas en base de cada uno de los hallazgos presentados en el Capítulo III, y además un plan de implementación para poner en marchas las mejoras propuestas al proceso durante la realización de este trabajo.

INDICE GENERAL

Pág

RESUMEN.....II

INDICE GENERAL.....III

ABREVIATURAS.....IV

SIMBOLOGÍA.....V

INDICE DE TABLAS.....VI

INDICE DE FIGURAS.....VII

INTRODUCCION.....1

I. GENERALIDADES, EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA SAL

1.1. Concepto.....3

1.2. Historia de la sal.....6

1.3. Tipos y Usos de la Sal.....9

1.4. Mercado Mundial de la Sal.....14

1.5. Normativas de Calidad.....18

1.5.1. Definición del producto.....19

1.5.2. Disposiciones relativas a la calidad.....19

1.5.3. De la Presentación.....21

1.5.4. Del Almacenamiento.....22

1.5.5. Del Manejo.....23

1.5.6. Del Transporte.....23

1.6. Importancia de la sal.....24

1.7. Extracción y Procesamiento de la sal.....24

1.7.1. Análisis de las formas de cultivo de la sal.....24

1.7.2. Análisis de sal en piscinas a nivel internacional.....30

1.7.3. Alternativas de Minas de sal a nivel internacional.....33

II. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA SAL EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS.

2.1. Preparación de las piscinas evaporadoras, Llenado y selección del agua.....42

2.2. Salmuera.....43

2.3. Cosecha, lavada y apilada de la sal.....44

2.4. Transporte y almacenamiento.....47

2.5. Proceso de refinación.....48

2.6. Empaquetado, Almacenamiento y Distribución.....53

III. EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA SAL EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS

3.1. Modelo Mejorado.....58

3.1.1. Preparación de las piscinas evaporadoras, Llenado y selección del agua..... 59

3.1.2. Salmuera.....60

3.1.3. Cosecha, lavada y apilada de la sal.....62

3.1.4. Transporte y almacenamiento.....62

3.1.5. Proceso de refinación.....63

3.1.6. Empaquetado, Almacenamiento y Distribución.....66

3.2. Análisis del proceso de producción de sal en la Provincia del Guayas.....67

3.3. Áreas de mejora 87

3.4. Plan de Implementación.....88

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

ANEXOS

BIBLIOGRAFÍA

CIB-ESPOL

ABREVIATURAS

A.C.	Antes de Cristo
Cm.	Centímetros
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
Kg.	Kilogramo
Km.	Kilómetros
M.	Metros
Mg/Kg	Miligramos por Kilogramo
Mg/litro	Miligramo por litro
mm.	milímetro
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
Ppm.	partes por millón
Ton.	Tonelada
g/mol	Gramos por mol
ILAFIC	Instituto Latinoamericano de Ciencias Fiscalizadoras

SIMBOLOGIA

NaCl	Cloruro de Sodio
Cl^-	Cloruro elemental
Na^+	Sodio
°C	Grados Centígrados
%	porcentaje
I^-	Ion Yodo
SO_4	Ion Sulfato
Mg^{++}	Ion Magnesio
Ca^{++}	Ion Calcio
H_2O	Agua
As	Arsénico
Cu	Cobre
Pb	Plomo
Cd	Cadmio
Hg	Mercurio

INDICE DE TABLAS

Tabla I.I Requisitos Mínimos de la sal.....20

Tabla II.II Contaminantes.....53

Tabla II.III Presentación de los empaques de la sal refinada.....56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Roca de Sal Halite 5
Figura 1.2 Montículo de sal 7
Figura 1.3 Participación de los principales productores de sal en el mundo.....15
Figura 1.4 Producción Nacional en Argentina.....17
Figura 1.5 Destinos de Usos de la sal Importada en Argentina.....18
Figura 1.6 Vista aérea de las piscinas de sal.....28
Figura 1.7 Refinamiento utilizando evaporador.....33
Figura 1.8 Laguna Ojo de Liebre en México.....36
Figura 2.1 Vista Panorámica de las piscinas en la Provincia del Guayas.....43
Figura 2.2 Cosechadoras Mecánicas ecuatoriano.....45
Figura 2.3 Lavada de la sal 46
Figura 2.4 Apilamiento de la sal.....47
Figura 2.5 Traslado y Apilamiento de la sal.....48
Figura 2.6 Secador. 50
Figura 2.7 Empaquetadora Automática.....54
Figura 2.8 Sal en fundas.....55
Figura 2.9 Sacos de polipropileno.....55

INTRODUCCION

Desde tiempos remotos la sal ha sido utilizada como conservante y condimento en la preparación de alimentos, inclusive fue moneda de cambio, porque la sal tenía un valor muy alto en las civilizaciones antiguas.

Actualmente, cada uno de los 6 mil millones de habitantes de la tierra consumen el producto en forma doméstica.

La sal apta para el consumo humano debe contener yodo, para evitar el cretinismo o bocio, y flúor para fortalecer el esmalte y prevenir la formación de caries

Ecuador mantiene bajo control la deficiencia de yodo, una de las causas del retardo mental en los niños. Esto se debe a que se logró la yodación del 95 por ciento de la sal que se produce en el país.

El objetivo primordial del presente trabajo es determinar la situación y avance de las productoras de sal en otros países a nivel mundial, a fin de establecer parámetros y crear un modelo práctico o estándar del proceso de producción ideal de la sal, encaminado a poderlo compararlo con el modelo actual en la

Provincia del Guayas, así como determinar las diferencias existentes entre los dos modelos, y de esta manera sugerir mejoras.

La técnica de investigación consistió en la recopilación de datos, el análisis estadístico de los mismos, obtenidos de los controles de producción y extracción de la sal en la Provincia del Guayas, investigación a través de Internet de índices que presentan otras empresas en el mundo y consulta de datos en literatura acerca de este tema.

CAPITULO I

I. GENERALIDADES, EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA SAL

1.1. Concepto

Los químicos de la Edad Media describen el agua del mar como un compendio de toneladas de metales preciosos.

Aunque muchos de estos metales no son, por ahora, aprovechados por el hombre, la sal que el océano contiene, sabor que pueden apreciar todos los que la prueban, ha sido enormemente utilizada a través de la historia, por lo que su valor es incomparablemente superior al que podrían tener los metales.

El agua del mar no es pura, sino que contiene en solución un sinfín de elementos y compuestos químicos llamados sales, en una proporción de 96.5 % de agua y 3.5 % de estos compuestos.

Una gran cantidad de químicos analistas se han entregado al estudio de la composición química del agua oceánica, tratando de establecer con exactitud su composición salina.

Las sales disueltas en el océano constituyen casi 50 billones de toneladas y están compuestas por 10 elementos principales por encontrarse en mayores proporciones: cloro, sodio, magnesio, azufre, calcio, potasio, bromo, estroncio, boro y flúor.

El cloro y el sodio son los constituyentes primordiales del agua del mar y se encuentran en forma de cloruro de sodio que se conoce como la sal común.

La sal o cloruro de sodio es el compuesto químico NaCl. El agua de mar contiene un promedio de 2.9% de NaCl (por peso), lo cual es un suministro impresionante.

Los cristales de cloruro de sodio tienen forma cúbica y cristalina, cuando se la puede observar con un vidrio magnificador, se puede ver que consiste de cubos pequeños adheridos de una forma muy compacta.

La sal varía de color desde incolora, en estado puro, blanca, gris o tonos café, típico color de la roca de sal Halite (Figura 1.1). La halita se encuentra en las rocas sedimentarias. Se conoce como un mineral evaporito porque se formó en mares antiguos y lagos de sal, a medida que se evaporaron, hace millones de años. Según se evaporaba el agua, quedaron depósitos de sal.

La sal es 60.663% cloruro elemental (Cl) y 39.337% sodio (Na)

El peso atómico del cloruro elemental es de 35.4527 g/mol y del sodio es 22.989768 g/mol.

FIGURA 1.1

ROCA DE SAL HALITE

En ciertas minas de sal pueden hallarse numerosos cristales cúbicos enormes de más de tres pulgadas de tamaño.

1.2. Historia de la Sal

La demanda y el consumo de sal ha sido una constante a lo largo de la historia de la humanidad.

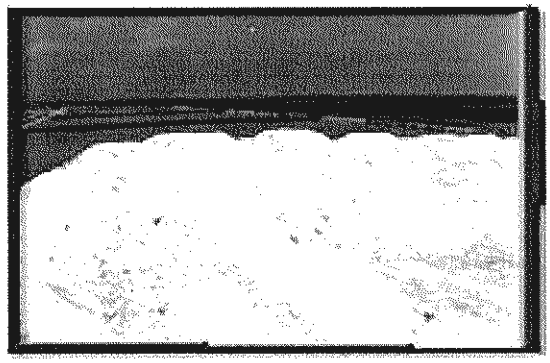
Desde tiempos pasados la sal se ha utilizado como condimento y conservante en la preparación de bebidas y alimentos, además de ser usada en ritos religiosos en las civilizaciones romanas, griegas, hebreas y cristianas. También fue moneda de cambio en las rutas de los mares Adriático, Egeo y Mediterráneo, siendo objeto de tributos e impuestos en los países asiáticos desde épocas muy lejanas. Se cree que también se utilizó como dinero en Tíbet y Etiopía.

La sal tenía un valor elevadísimo, constantemente era un símbolo de prestigio social, poderío o valía económica en las civilizaciones antiguas.

El término salario se deriva del vocablo latino "salarium", que quiere decir paga, y aludía a la asignación de sal, que se entregaba a los soldados del ejército romano. (Figura 1.2)

FIGURA 1.2

MONTÍCULO DE SAL



El consumo de vegetales llevaba el agregado de la sal, mineral que se transformó, así, en el primer condimento de la historia.

Su rol en la regulación de líquidos en el organismo humano le asignó un lugar de importancia: actualmente, cada uno de los 6 mil millones de habitantes de la tierra consumen el producto en forma doméstica.

Los chinos y egipcios intentaron determinar el origen de la sal, y precisar el tiempo y lugar de su descubrimiento, pero como su uso venía desde tiempos antiguos, no se tuvo éxito en la investigación.

Luego se descubrió que la sal se origina por la evaporación del agua del mar. De esta manera existen dos ambientes de origen o formación de estratos de sal.

En el ambiente marítimo por evaporación de los sales del agua del mar, o en la tierra firme por evaporación de las lagunas.

Tipos de Formación:

1. Por evaporación del agua del mar.

En varios lugares del mundo existen grandes depósitos de sal. Los espesores totales llegan hacia 1000 metros.

La Teoría de Barreras explica la formación de estos grandes depósitos. Se piensa en un sector marino, relativamente cerrado y por la evaporación del agua las cantidades de sales aumentan, pero existe un problema, una columna de 1000 m de agua del mar produce sólo 15 metros de halita, mientras que los depósitos muestran espesores mayores.

Es por eso que se modificó la teoría, y esta barrera no se cerró completamente.

Entonces siempre penetró agua del mar con sales al sector, de esta manera incrementó la cantidad de sales que finalmente llegó al punto de la saturación y se precipitó.

2. Los salares de la cordillera:

Los salares de la cordillera se originan por la acumulación de aguas en cuencas cerradas de la cordillera en regiones ásperas, donde la evaporación es mayor como las precipitaciones de los sales lavados por los taludes de volcanes que llegan al salar o a una laguna. Las sales tienen que permanecer en la laguna y lentamente aumenta la saturación, hasta que se precipitan las sales.

1.3. Tipos y Usos de la Sal

Tipos de Sal

La sal por su uso y sus componentes se clasifica en:

- Sal para consumo humano directo, de mesa o cocina, conocida también como Sal Refinada , se subdivide en:
  - Sal yodada
  - Sal yodada fluorurada

- Sal para consumo humano indirecto, industria alimentaria,
  - Sal yodada

Usos de la Sal

- **Sal Refinada**

La Sal refinada es lo que comúnmente conocemos como sal, es el nombre que se da al Cloruro de Sodio (NaCl). La sal es vital para el óptimo funcionamiento del organismo.

Se calcula que hay más de 14,000 usos de la sal refinada o sal común, y muchos de éstos se usaban en la antigüedad hasta para las cosas más simples en el hogar aunque en la actualidad éstos han sido reemplazados por el advenimiento de limpiadores y químicos modernos.

No obstante mucho usos son todavía eficaces hoy en día y mucho más económico que usar productos artificiales.

Entre los usos más frecuentes se encuentran:

En la cocina:

El uso más conocido de la sal indiscutiblemente está en la cocina y sobre la mesa de comedor. La sal acentúa el sabor de carne, el pescado, le da un toque atractivo a los vegetales, profundiza el sabor de postres delicados.

También es útil para limpiar cosas de plata. La sal puede "perfumar" y desodorizar botellas, termos, jarras, y otros recipientes cerrados.

Ningún otro condimento se ha descubierto aún que puede tomar satisfactoriamente el lugar de la sal.

Para limpieza:

La sal también tiene un uso significativo en la limpieza de los diferentes artículos del hogar como por ejemplo:

La limpieza de los muebles de mimbre, para remover las manchas de grasa de las alfombras, para limpiar las teclas del piano u órgano, para realzar los colores de las cortinas o las alfombras, para remover las manchas de sangre de las prendas, para limpiar objetos de latón o sartenes grasientos, entre otros.

Salud y Belleza:

Para lo que respecta a Salud y Belleza la sal es considerado un magnífico aporte ya que puede ser utilizado en:

Limpieza de los dientes, para una aplicación facial, para hacer gárgaras en gargantas con heridas para ayudar a su curación, para remojar los ojos cansados luego de un día agotador, para reducir la hinchazón de los ojos, para sanar las picadas de abejas, para tratar las picadas de mosquitos y chinches, entre otros.

Otros usos:

La sal tiene otros usos como: la limpieza de las peceras, para extinguir las manchas de grasa, para mejorar la salud de los peces dorados, también puede ser usado como desodorizante de los zapatos, puede mantener las flores recién cortadas frescas por más tiempo, para la limpieza de los floreros, entre otros.

- **Sal Industrial**

La sal para consumo humano indirecto, utilizada en la industria alimentaria, es aquella que debe ser yodada, salvo los casos

debidamente comprobados en que el yodo afecte al proceso y al producto final.

La sal industrial es distribuida a fábricas donde es utilizada como materia prima para su empleo en:

Industria Química para producir cloro, sodio, sosa cáustica, carbonato de sodio y cloratos.

Metalurgia para los procesos de fundición y refinación de minerales y metales.

Industria de la Transformación para preparar y conservar alimentos, jabón, tintes, detergentes, cementos, para el procesamiento de vinos, de derivados lácteos, panadería y pastelería, para el tratamiento de aguas, para fabricar papel, vidrio, para la obtención del caucho a partir del látex.

Estudio de rayos infrarrojos, al ser los cristales de sal transparentes a los rayos infrarrojos se utilizan para hacer los prismas y lentes de instrumentos para así poder estudiarlos.

Cerámica, para esmaltes.

Farmacia, para producir medicinas.

Industria Textil como blanqueador y fijador de colores en telas estampadas.

Curtiembres para la prevención de la descomposición del cuero.

Ganadería y Agricultura, como alimento para ganado, fertilizantes, insecticidas y fungicidas.

1.4. Mercado Mundial de la Sal

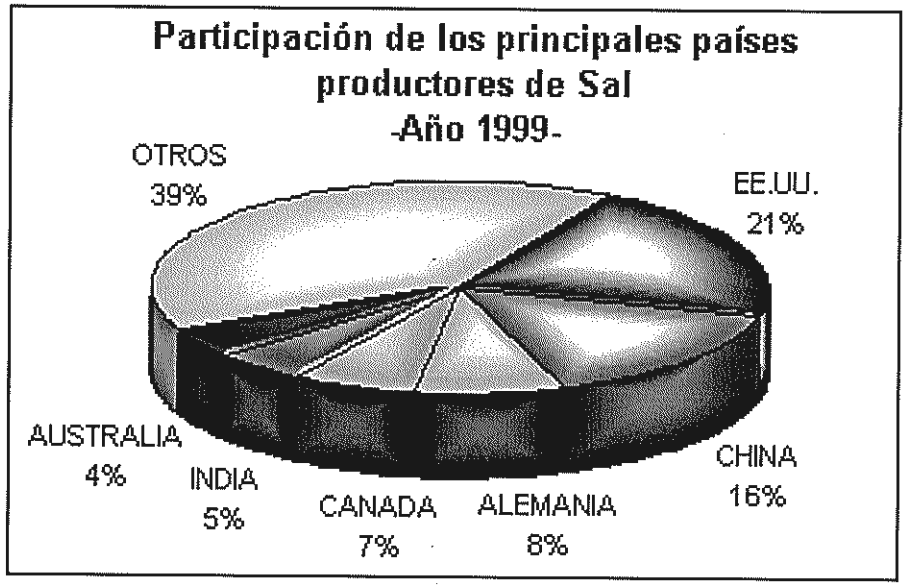
La producción de sal en el mundo se ha incrementado, desde las 10 millones de toneladas elaboradas a comienzos del siglo veinte, a más de 200 millones de toneladas actualmente.

Más de 80 países de todo el mundo extraen este mineral, entre ellos América del Norte, Estados Unidos, Canadá y México obtienen más de la cuarta parte del volumen del producto.(Figura 1.3)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ESPOL
CIB-ESPOL

FIGURA 1.3

PARTICIPACIÓN DE LOS PRINCIPALES PAÍSES PRODUCTORES DE SAL EN EL MUNDO



Fuente: Instituto de Sal de Estados Unidos

La extracción de sal en Latinoamérica está liderada por Brasil, con un promedio anual de 5,6 millones de toneladas anuales, seguido por Chile, Argentina, Colombia y Perú.

Los principales países importadores de sal son: Estados Unidos y Japón, con un promedio de 8 millones de toneladas, y Canadá, Bélgica, Alemania y Corea, con un promedio de 1,2 millones de toneladas, el resto no supera el millón de toneladas en promedio.

Los principales exportadores de sal son: Australia, México, Holanda, Alemania y Canadá.

El consumo mundial de sal se distribuye de la siguiente manera:

- Aplicaciones químicas	108 millones de Ton.
- Consumo Humano	44 millones de Ton.
- Deshielo de caminos	26 millones de Ton.
- Otras aplicaciones	18 millones de Ton.

Podemos mencionar por ejemplo el mercado de sal en Argentina, donde la actividad es desarrollada por 48 empresas dedicadas a tareas extractivas y que emplean sólo el 60% de su capacidad industrial instalada.

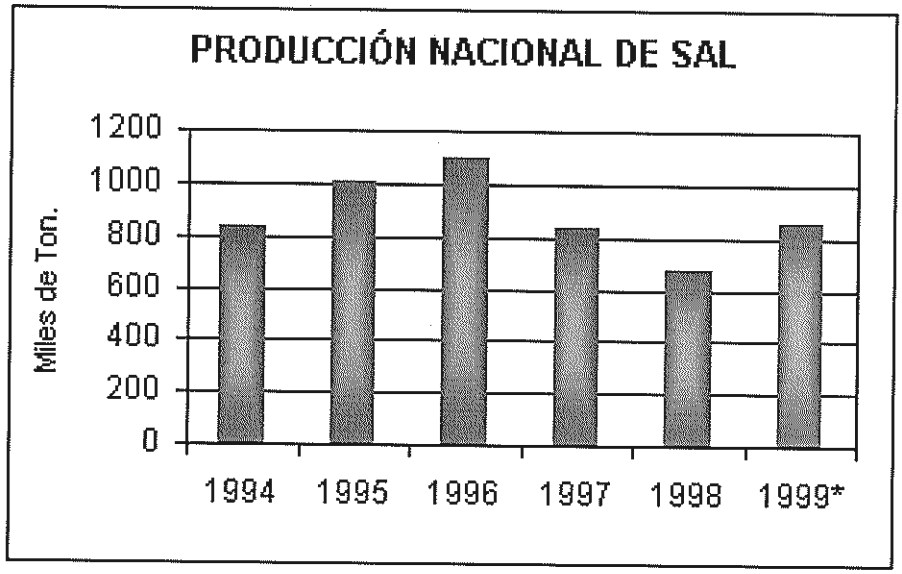
El mercado ha evolucionado con un cambio de modalidad en la forma de consumo, impulsado por el auge de la fabricación de alimentos preelaborados y comidas congeladas.

La sal para consumo humano se comercializa como: sal gruesa, entrefina o fina, con diversos grados de triturado o molido.

En Argentina durante el período 1999, la producción superó las 900 mil toneladas (Figura 1.4)

FIGURA 1.4

PRODUCCIÓN NACIONAL DE SAL EN ARGENTINA



Fuente: Datos de la Dirección Nacional de Minería de Argentina.

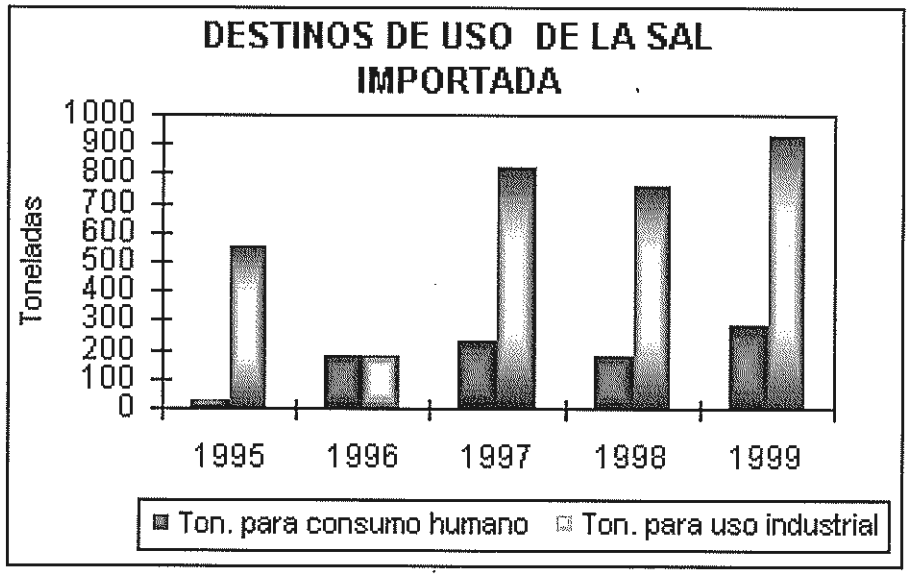
La importante variabilidad en el volumen de extracción se vincula a la ocurrencia de factores climáticos, que influyen en los volúmenes de producción a partir de esas condiciones para la extracción del mineral.

El 8,5% de la producción nacional en Argentina se destina al consumo alimentario doméstico, mientras que la industria mayormente absorbe el 91,5%. La facturación del negocio de sal de mesa supera los 28 millones de dólares, que representan el 36% del total del sector, el restante 64% corresponde al destino industrial.

Lo mismo sucede con el destino de uso de la sal importada (Figura 1.5)

FIGURA 1.5

DESTINOS DE USO DE LA SAL IMPORTADA EN ARGENTINA



Fuente: Datos de la Dirección Nacional de Minería de Argentina.

1.5. Normativas de Calidad

La Calidad comprende todas aquellas acciones planificadas y sistemáticas que se requieren con el fin de lograr contar con la confianza de que un determinado bien, producto o servicio reunirá los requisitos de calidad preestablecidos.

1.5.1. Definición del producto

La sal refinada que se produzca deberá contar con los requisitos de calidad básicos luego de su almacenamiento, procesamiento, y distribución para el consumo masivo.

1.5.2. Disposiciones relativas a la calidad

Los requisitos mínimos de los aditivos que deben ser añadidos a la sal para que sea apta para el consumo humano son presentados en la tabla a continuación:

TABLA I.I

REQUISITOS MINIMOS DE LA SAL

PARAMETRO	UNIDADES	COMPOSICION
Cloruro de sodio	% en peso base seca	99.6 mínimo
Yodo (yoduro)	ppm de I^-	50-100
Flúor (fluoruro)	ppm de F^-	200-250
Sulfatos	ppm de $SO_4^=$	2800 máximo
Magnesio	ppm de Mg^{++}	800 máximo
Calcio	ppm de Ca^{++}	1000 máximo
Humedad	% de peso de H_2O	0.1 máximo
Otros insolubles en agua	ppm	1600 máximo

Las especificaciones de yodo y flúor se pueden variar para cumplir con especificaciones de otros países.

La sal refinada para consumo humano o Cloruro de Sodio es un sólido blanco, cristalino, incoloro e higroscópico, y altamente soluble en agua.

Su contenido de yoduro de potasio provee las cantidades de yodo necesarias para el organismo humano, evitando con un consumo adecuado, la aparición del bocio endémico(coto) o problemas de crecimiento (cretinismo).

El fluoruro de potasio es un compuesto que ayuda a fortalecer el esmalte dental, disminuyendo la formación de las caries.

El potasio que se encuentra presente en el yodo y el flúor, es un elemento fundamental que requiere el cuerpo humano para la cicatrización normal de las heridas.

1.5.3. De la Presentación

El producto en sus distintas presentaciones se debe marcar con una franja color amarillo con letras rojas al referirse a sal para consumo humano yodada, para que se diferencie claramente de la sal para consumo humano yodada fluorurada, según lo estipula la

Norma Técnica Ecuatoriana INEN 57, para el caso específico de Ecuador.

Las cantidades empacadas y su presentación dependen del productor, pero el material de empaque debe ser en fundas de polietileno y éstas en sacos de polipropileno, con un "lining" o forro interior de polietileno como barrera contra la humedad.

1.5.4. Del Almacenamiento

La sal refinada para consumo humano, se almacena sobre estibas en bodegas cubiertas y secas, alejadas de cualquier foco de contaminación e insalubridad; protegidas del ambiente externo por medio de paredes hechas de concreto.

Cabe recalcar que el lugar deberá estar destinado únicamente al almacenamiento de la sal para consumo humano.

Es un producto mineral que tiene un tiempo de vida útil indefinido y por ser altamente higroscópico se debe conservar en lugar seco.

1.5.5. Del Manejo

La manipulación de la sal refinada en los procesos de cargue, transvase, descargue, disolución, mezcla y toma de muestras no presenta ningún tipo de riesgo.

Sin embargo es conveniente el uso de protección respiratoria (mascarillas) cuando se presente formación de polvo en grandes cantidades.

1.5.6. Del Transporte

Los vehículos empleados para el transporte de sal refinada deberán tener los pisos bien barridos y limpias las barandillas. Asimismo estarán dotados de carpas para proteger la carga de la lluvia y polvo durante el viaje.

Algo importante es que no se deben cargar con sal refinada vehículos que en el último viaje hayan transportado jabones, harina de pescado, ganado, abonos, cueros, insecticidas, y derivados del petróleo u otro producto que genere olores intensos o persistentes pues la sal absorbe el olor desagradable en perjuicio de su sabor y buena calidad.

CIB-ESPOL

1.6. Importancia de la Sal

La sal no solo ha sido utilizada como condimento sino también como un elemento indispensable para la conservación de los alimentos.

Un tratado de farmacología chino, fechado 2700 años A.C, estudia la sal y sus métodos de extracción y procesamiento para llegar a obtener la sal apta para el consumo humano.

La sal yodada y fluorurada previene el bocio endémico y la formación de la caries en los dientes respectivamente.

1.7. Extracción y Procesamiento de la Sal

Los métodos de extracción y procesamiento de la sal pueden ser diferentes dependiendo del lugar donde se la obtenga, pero en esencia todos siguen un mismo patrón de procesamiento para obtención de la sal refinada.

1.7.1 Análisis de las Formas de Cultivo de Sal

En las distintas latitudes del mundo, las comunidades locales han buscado incontables formas para proveerse del recurso necesario de la sal.

Caber recalcar que existen dos tipos de técnicas de evaporación:

Evaporación solar:

Esta técnica de evaporación consiste en utilizar el calor del sol para evaporar el agua del mar, llevada hasta unas lagunas artificiales de poco fondo denominadas *salinas*. El agua del mar se introduce en estanques denominados de concentración, en las que se separan las impurezas y demás compuestos. La salmuera una vez concentrada pasa a las piscinas cristalizadoras, donde luego de un tiempo se recoge la sal gruesa que va a ser procesada para su comercialización en el mercado.

Evaporación al vacío:

La evaporación al vacío consta de una serie de tres o más depósitos cilíndricos verticales, fondo cónico, cerrados, llamados tachos. Cada uno de estos depósitos dispone de una cámara de vapor, calandria, totalmente sumergida en la salmuera que se ha de evaporar, consta de un gran número de tubos verticales, por los cuales circula la salmuera.

El primer depósito recibe el vapor que llega a su calandria desde el exterior cuyo calor hace que hierva la salmuera de este depósito.
El vapor de la calandria, cuando ha transferido la mayor parte de su calor a la salmuera, se condensa en forma de agua y se traslada al

exterior. Pero la salmuera en ebullición produce su propio vapor, que se beneficia en la calandria del segundo depósito de la serie.

De igual manera pasa con el vapor de agua de la salmuera en ebullición del segundo tacho, así el vapor que emite la salmuera del último de los tachos se condensa por medio de agua fría.

La condensación del vapor de la salmuera que hierve en cada tacho hace disminuir la presión en su interior, lo que permite que esa salmuera hierva a temperatura más baja que si lo hiciera a la presión atmosférica.

Las presiones y, por consiguiente, las temperaturas de ebullición van siendo cada vez más bajas a lo largo de la serie de tachos, de modo que en el último esa presión se aproxima al vacío, con lo que la salmuera hierve a temperatura muy poco superior a la del cuerpo humano.

Los cristales de sal que se forman son extraídos del fondo de los depósitos o tachos.

La diferencia entre estos dos métodos de evaporación es la siguiente: en la evaporación por medio del Sol se requiere alrededor

de 4500 a 5400 kg de vapor para producir 900 kg de sal, mientras que en la evaporación por medio de tanques al vacío la cantidad de vapor se reduce a 630 kg para obtener una tonelada de sal.

En los países cercanos al mar, existen muchas veces salinas suficientemente grandes para abastecer el consumo local, además de proporcionar un producto para la exportación, por lo tanto no es necesaria la técnica de evaporación al vacío. El problema existente para los países que se encuentran alejados del mar, es que la producción de sal se limita a la explotación minera y si este recurso no fuera suficiente para suplir sus necesidades; sería necesaria una planta para evaporar de manera artificial, lo que implica alta tecnología y costos elevados.

Con respecto a los cultivos de sal existen tres formas:

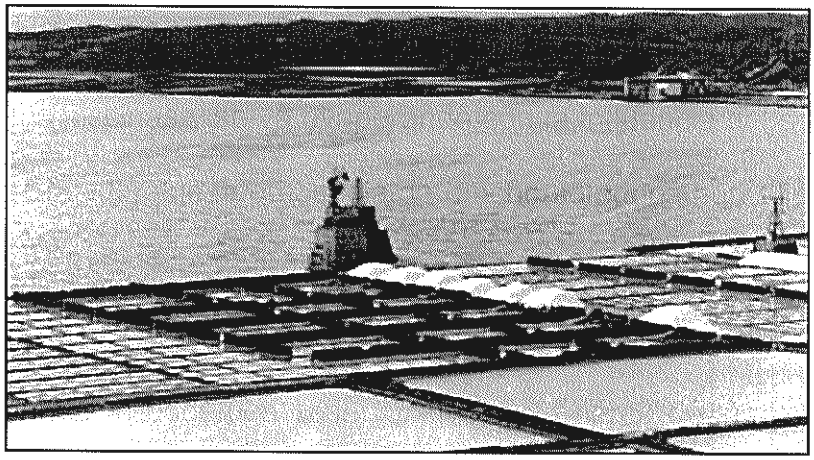
Lagunas profundas. .- El cultivo de la sal por medio de lagunas profundas consiste en extraer el agua de la parte más profunda de la laguna y colocarla en diques artificiales, para que luego de un periodo determinado ésta se evapore por medio de acción solar y pueda de esta manera producirse la sal.

Piscinas al pie del mar. .- El agua de mar es conducida a piscinas de aproximadamente 60cm de profundidad con fondo de barro y fuertes muros de contención alrededor. El agua fluye lentamente por estas piscinas y se va evaporando con la influencia del sol y del viento. Es favorable la presencia de mucho sol, poca humedad y un ligero viento.

A continuación podemos observar una vista aérea de las llamadas piscinas de sal (Figura 1.6)

FIGURA 1.6

VISTA AÉREA DE LAS PISCINAS DE SAL



Minas de Sal:.- Las Minas de sal se refieren a la extracción de cristales de sal por medio de arduos trabajos en galerías subterráneas, a diferencia de las salinas de cosecha que se realizan a cielo abierto.

Minas Líquidas:

Minas Líquidas se refiere a la extracción de la salmuera por medio de bombas que se sumergen en el mar. Estas minas líquidas se pueden considerar como lagunas profundas donde se realiza el mismo proceso de extracción de la salmuera.

Minas Sólidas:

Minas Sólidas se refiere a que el proceso comienza con el rastrillaje y extracción de la sal del suelo de la salina por medio de cuchillas especialmente diseñadas que despegan la sal del piso, luego se procede a cosecharla y depositarla en camiones para su debido traslado. A continuación interviene el proceso de lavado de la sal, por inmersión, para lograr remover todas las impurezas con un mínimo de pérdidas, luego de esto la sal es apilada y finalmente almacenada.

1.7.2. Análisis de sal en piscinas a nivel internacional

La forma más tradicional de explotar la sal es a través de las salinas marinas, las cuales aprovechan las enormes reservas de sal que existen en nuestros océanos.

- En Mamonal Departamento de Bolívar, Colombia, existe una planta de procesamiento de sal, donde el agua de mar es sacada en piscinas preparadas y pasada lentamente de una piscina a otra hasta que el agua se evapora casi completamente dejando una salmuera altamente concentrada. Luego de este proceso la sal es lavada y almacenada hasta que se seca completamente. Luego es transportada a las plantas de refinación de la sal, donde pasa por un nuevo proceso de lavado, y de molienda, donde se gradúa el tamaño del grano de sal que se quiere obtener; posteriormente se agregan todos los aditivos alimentarios necesarios para que la sal sea apta para el consumo humano, y se procede al empaquetamiento, y distribución de la misma.

La salmuera que utiliza esta planta de refinación se obtiene en Manaure, ubicado en el departamento de la Guajira.

- Sañudo S.A es una empresa con casi 80 años de presencia en el mercado mexicano, que cuenta con plantas de refinamiento de sal con tecnología de punta, actualmente es uno de los principales productores de sal en la República Mexicana.

El proceso de extracción de la sal consiste en aprovechar el calor del sol para evaporar el agua del mar o de manantiales salados, que es llevada hasta unas piscinas de poco fondo, con medidas de 60 cm. de ancho y 25m. de largo. Primero el agua marina se introduce en las piscinas o estanques, en las que se separan las impurezas, tales como arcilla y arena, y las sales menos solubles, como el carbonato y sulfato cálcicos. La salmuera ya concentrada pasa a los estanques de cristalización, donde la sal finalmente se cristaliza, y las máquinas recolectoras luego de este proceso recogen la sal y la transportan a las plantas de refinación.

En la refinería, la sal pasa por un proceso de lavado, para eliminar todas las impurezas y sustancias extrañas, luego entra en el proceso de molienda, donde la sal es granulada en la medida que se requiere, a continuación se le agregan los aditivos necesarios para que la sal pueda ser comercializada y consumida por el público.

- Una planta de refinación de sal en Colombia realiza el proceso de extracción por medio de piscinas, y el procesamiento de la sal sigue el mismo patrón de las plantas expuestas anteriormente, con una diferencia en el proceso de molienda de la sal.

La sal en grano que se utiliza como materia prima, en lugar de ser molida como se lo hace tradicionalmente, pasa a un módulo tipo caldero en serpentina, donde se sigue el siguiente proceso:

- Se la mezcla con agua para disolverla

- Se calienta el evaporador a través de un serpentín secundario que transfiere calor al módulo

- El líquido gira y se mantiene en movimiento con unas aspas helicoidales que se encuentran en el fondo del módulo.

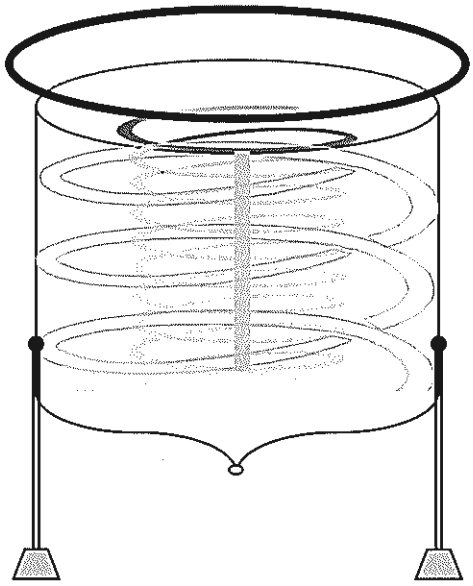
- Existen filtros que limpian el líquido a medida que este circula por el serpentín principal

- A medida que se evapora el líquido, la sal se seca, se cristaliza y se granula en forma homogénea

Si bien este proceso es más caro que el de la molienda, sin embargo el producto final es de alta calidad y es muy apreciado en ciertos mercados.

FIGURA 1.7

REFINAMIENTO UTILIZANDO EVAPORADOR



1.7.3. Alternativas de minas de sal a nivel internacional

Un famoso historiador colombiano sostiene dos hipótesis para establecer la formación de la mina de sal en Zipaquirá.

La primera hipótesis supone que la Salina se pudo formar lentamente debido a la precipitación de la sal contenida en un lago

salado o depósito, ubicado en el lugar del yacimiento. Los agentes que causaron esta precipitación fueron sin duda el sol y el aire.

La evaporación del agua al aire libre hizo que se cristalizara la sal en la superficie, formando bloques, que por su peso fueron cayendo en capas sucesivas al fondo del lago.

Existe además otra hipótesis que se basa en la existencia de un proceso acelerado de evaporación del agua por medio del fuego, que compactó la sal del yacimiento hace miles de años, dando lugar a la formación de la Salina.

El Poeta Eduardo López define las minas de sal como:

> **Las galerías de la Mina dan la sensación de un templo subterráneo gigantesco. Bóvedas y columnas, irregulares en los detalles, pero armónicas en el conjunto, evocan la arquitectura de estilo románico. Más que colgantes los puntos luminosos de las bombillas eléctricas parecen ensartadas en imágenes cuerdas longitudinales. Arriba sobre el plano que imita un coro, se encienden constelaciones votivas en sencillos altares religiosos entre los cuales elevan los mineros sus plegarias...**

Hablando específicamente de la Mina de Sal Gema de Zipaquirá en Colombia, cabe acotar que es considerada una de las minas más ricas del mundo, con menos del 90% de cloruro de sodio, se

encuentra a 106 metros sobre el nivel del mar, y ha sido explotada desde tiempos inmemorables y para agotarla por completo se necesitaría una intensa explotación por varios siglos.

Por su exterior esta Mina tiene el aspecto de colina que surge de rocas estratificadas que la rodean. El banco de sal está cubierto con una capa de barro negro llamado por los mineros "rute", el cual no es sino el de las pizarras del piso inferior profundamente alteradas por los agentes atmosféricos. Aquí se encuentran bellos cristales de azufre, pirita, yeso, entre otros. La vista de las bóvedas es extraordinaria. Las gotas de agua cubren todo, y el techo lleno de estalactitas de muchas formas, al mismo tiempo que los cristales de los costados deslumbran al espectador con la ilusión de haber entrado en un Palacio de Sal Gema o Galería de Diamantes.

- México exporta cada año unos 7 millones de toneladas de sal que van a diferentes países como Japón, Corea y Taiwan.

Una planta que es famosa por su sal es La Laguna Ojo de Liebre (Figura 1.8), cuyo proceso de sal comienza con la ayuda de bombas grandes que extraen el agua de la parte más profunda de la laguna y la coloca en diques artificiales que se conocen como Vasos de

Concentración, el agua se la deja por un periodo de año y medio aproximadamente para que se evapore y pueda de esta manera producirse la sal.

FIGURA 1.8

LAGUNA OJO DE LIEBRE EN MÉXICO

Luego se introducen unos tubos llamados Vasos de Cristalización junto con una sustancia que lleva el nombre de Salmuera, en el fondo de los Vasos comienzan a formarse cristales de sal. Luego de todo este proceso debe pasar un periodo de ocho a diez meses para finalmente iniciar el proceso final conocido como la cosecha de sal. La cosecha empieza sacando el agua restante para que quede un piso formado por una capa de sal extremadamente dura, que

tiene que ser cortada con unas cuchillas adecuadas para luego ser transportada a la Planta. Cada día se cosecha aproximadamente 21 mil toneladas de sal en la Laguna Ojo de Liebre.
Luego se realiza el proceso del lavado de la sal con agua de mar, y luego de que se seca está lista para el proceso de almacenamiento y distribución desde una Isla que se llama la Isla de Cedros.

- Argentina posee dos plantas elaboradoras de sal con la capacidad necesaria para satisfacer las necesidades de una demanda grande y variada en dicho país.

Todos los procesos desde la producción hasta el "paking" (almacenamiento) pasan por un estricto control de calidad que son efectuados por laboratorios especializados.

Una de las Plantas extrae la sal de una Mina Líquida mientras que la otra de una Mina Sólida, la cual será explicada más adelante.

Industrias Químicas y Mineras Timbo S.A tiene su marca comercial CELUSAL, la cual es líder en la comercialización de sal fina.

- La Planta Tucumán está ubicada en Las Salinas, Departamento de Burruya, a 15 Km. de la Capital de Tucumán. Esta planta industrial se dedica a la elaboración de sal fina.

El proceso comienza con la materia prima que se extrae de fuentes naturales subterráneas que contienen la salmuera, la que es elevada a la superficie por medio de bombas que se sumergen en los pozos que llegan hasta cien metros de profundidad.

Después de la purificación, se filtra esta sustancia, para eliminar toda impureza, para luego separar el cloruro de sodio que se encuentra en la salmuera.

Esta solución se evapora hasta cristalizar la sal. Luego de eso se realiza el proceso de centrifugado, a través del cual se separa la sal de esta solución. Los cristales son secados. La sal que se obtiene se la pesa y se le agregan sustancias que exige el Código Alimentario Humano.

Este es el proceso que sigue la planta industrial Tucumán, para poder elaborar sal fina, con los más altos estándares de control de calidad.

CIB-ESPOL

La segunda Planta de Industrias Químicas y Mineras Timbo S.A en Argentina está ubicada en General San Martín, provincia de la Pampa, es por eso que recibe el nombre de Planta San Martín.

En este lugar se encuentra ubicada la salina Colorada Grande, de donde se extrae el cloruro de sodio con 98% de pureza.

El proceso de elaboración empieza con el rastrillaje y extracción de sal del suelo de la salina. Luego, ésta se aglomera en parvas, para luego ser sometidas al proceso de estacionamiento y depuración inicial que toma un poco más de un año.

El proceso de depuración final se realiza mediante varias etapas en una planta específica para ese proceso.

Luego de la depuración, sigue el secado y evaporación de la humedad restante. Finalmente se agrega el yodo para luego pasar la sal seca por unos molinos que convierten los cristales en varios tipos de sal: gruesa, entrefina, y fina, que son filtrados y enviados a depósitos para proceder con el envasado pertinente.

Las cosechas de sal en esta planta fluctúan entre 250.000 y 700.000 toneladas anuales.

CAPITULO II

II. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA SAL EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS

En la provincia del Guayas, existen varias plantas refinadoras de sal, y en este Capítulo se presenta el esquema que siguen éstas al realizar el proceso de producción de la sal.

Se tomó como bibliografía el estudio realizado a las áreas de producción y recursos humanos en una Planta de Refinación de sal de la Provincia del Guayas. El análisis comprende las capacidades actuales para luego compararlas con las capacidades ideales de producción de la sal.

La Planta tiene cuatro zonas claramente definidas dentro del proceso de producción de sal refinada (Ver Anexo 1)

- Lavado
- Planta 1
- Planta 2
- Empaquetadoras.

Dentro de las fases que se van a detallar a continuación, se incluirá los datos relevantes del estudio citado anteriormente.

2.1. Preparación de las piscinas evaporadoras, Llenado y Selección del agua.

El proceso de la elaboración de la sal empieza con la preparación de las piscinas evaporadoras, que tienen aproximadamente 60cm de profundidad con fondo de barro, y se encuentran conectadas en serie, luego se bombea el agua del mar, mediante un canal se alimentan las piscinas evaporadoras, en las que se sedimentan las impurezas.

Como su nombre lo indica, es en estas piscinas evaporadoras donde comienza a evaporarse el agua, hasta que alcanza unos 6 grados de concentración (Figura 2.1)

FIGURA 2.1

VISTA PANORÁMICA DE LAS PISCINAS EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS

2.2. Salmuera

Al evaporarse el agua, lo restante es la salmuera, que luego se canaliza y se envía a otra piscina, donde se evapora más agua hasta llegar a los 9 grados de concentración, donde comienza a precipitarse el carbonato cálcico y el sulfato cálcico. Luego la salmuera sigue evaporándose hasta que llegue a los 12 grados de concentración.

Con esta salmuera concentrada se alimentarán las piscinas cristalizadoras; cuyo piso o fondo se encuentra nivelado y donde se comenzará a cristalizar la sal por la acción solar.

Cabe recalcar que la salmuera de las cristalizadoras es permanentemente monitoreada, en lo referente a su gravedad, con el objetivo de drenarla de las piscinas cuando su concentración indica que se encuentra "agotado" el cloruro de sodio y sólo permanecen las "sales amargas", es decir los compuestos de azufre, magnesio y calcio, que son más solubles que el cloruro de sodio.

2.3. Cosecha, lavada y apilada de la sal

Las cosechadoras mecánicas anualmente entran en el cristalizador y recogen la sal gruesa, que por lo general tiene más de 15 centímetros de espesor. Luego de esto las piscinas cristalizadoras deben ser preparadas para el reintegro al proceso de producción de nueva sal (Figura 2.2)

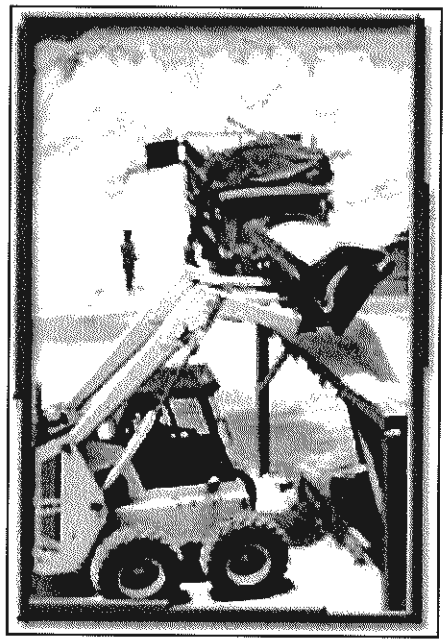
FIGURA 2.2

COSECHADORAS MECÁNICAS

Cuando la sal ha sido cosechada de cada cristalizador pasa a una lavadora de sal, donde, por inmersión en un sinfín inclinado y permanentemente alimentado de salmuera concentrada, y por un rociado con agua pura del mar, es decir limpia, sobre el lecho de una malla desaguadora, se aminoran considerablemente los niveles de magnesio, calcio, sulfatos e impurezas en general, que hubieran contaminado el cloruro de sodio pese a todas las medidas tomadas anteriormente (Figura 2.3)

FIGURA 2.3

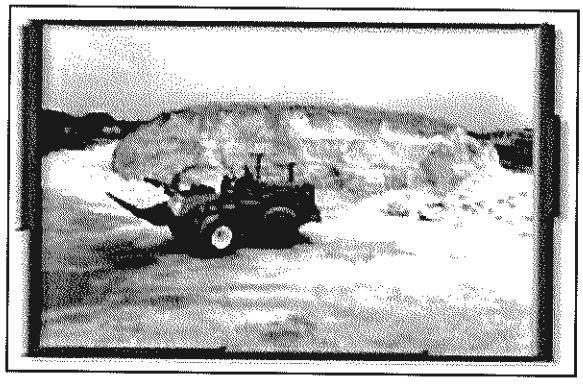
LAVADA DE LA SAL



Luego de que la sal es lavada, se apila de inmediato por un tiempo determinado, de manera que permita su escurrimiento y adicional disminución en los niveles de los químicos e impurezas mencionados (Figura 2.4)

FIGURA 2.4

APILAMIENTO DE LA SAL



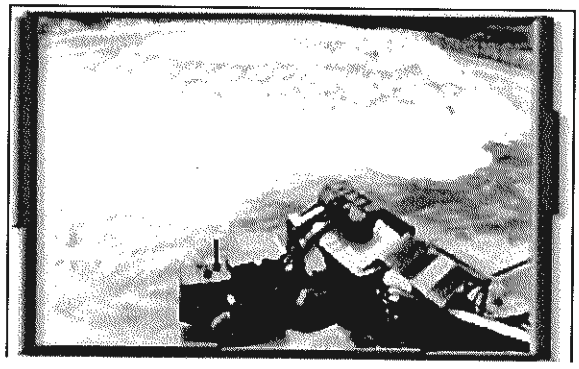
Cabe recalcar que todo el proceso de cosecha de la sal dura aproximadamente 2 años.

2.4. Transporte y Apilamiento

Luego de todo el proceso de cosecha de la sal, ésta es trasladada, mediante camiones a las plantas refinadoras, donde es nuevamente apilada para su posterior tratamiento (Figura 2.5)

FIGURA 2.5

TRASLADO Y APILAMIENTO DE LA SAL



2.5. Proceso de Refinación

La refinación de sal, tanto para consumo humano como para uso industrial y agropecuario, comienza con un nuevo proceso de lavado y centrifugado para eliminar todas las impurezas que se hubieren podido adquirir durante el traslado o apilamiento.

Una centrifugadora es una máquina en la cual se separan partículas sólidas o líquidas con diferentes densidades en un recipiente cilíndrico.

La concentración de materiales en suspensión se alcanza porque las partículas sólidas son, en general, más densas que las líquidas. Al girar el recipiente, el líquido tiende a la periferia en donde encuentra el rápido

desalojo del sistema, mientras que las partículas sólidas se agrupan en el centro de rotación.

Es por eso que una centrifugadora es una máquina eficiente que puede reemplazar a una lavadora de sal sin ningún inconveniente.

El proceso de refinación es permanente y pasa de la lavadora por inmersión, a una centrifugadora, que, mediante un filtro, limpia la sal extrayendo las partículas de tierra o cualquier otra sustancia extraña.

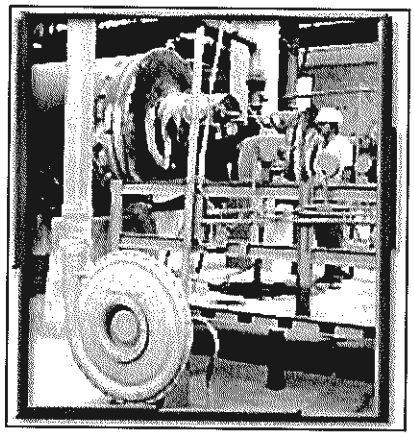
En base al estudio, en el 48% del tiempo de funcionamiento de la lavadora se producen esperas, en el 7% se producen daños, y solo el 45% del tiempo funciona normalmente. Los daños proceden de los molinos o la pala automática, mientras que las esperas se originan por la preparación de la lavadora para iniciar el trabajo y la tolva principal y secundaria llena.

Luego pasa a los secadores rotatorios de sal, que consisten en hacer circular una gran cantidad de aire calentado previamente con gas propano a muy altas temperaturas (140°C), en consecuencia se reduce la

humedad de la sal en grano a menos de 0,1 % y se eliminan las bacterias halófilas (Figura 2.6)

FIGURA 2.6

SECADOR



Inmediatamente pasa por los enfriadores rotatorios, y luego pasa por los molinos de rodillo, que consisten en dos rodillos que giran uno en sentido contrario del otro.

La sal molida luego pasa por los tamices, que son unos cedazos de malla que permiten la clasificación de la sal. Luego se procede al procesamiento, en el caso de las sales para consumo humano. Mientras que en el caso de sal industrial, la sal molida pasa al proceso de ensacado.

Según el estudio existen 2 plantas ya que una sola no abastece para la materia prima que se obtiene de las piscinas. Tanto en la planta 1 como en la 2, se producen varias fallas, en el secador, porque en ocasiones se encuentra sucio y en los tamices, porque se rompen las mallas y hay que arreglarlas en ese momento, por consiguiente se pierde tiempo y dinero.

Las sales una vez secadas, molidas y clasificadas, hasta obtener la granulometría deseada, deben pasar por un proceso de adición de ciertos compuestos para que estén aptas para el consumo humano.

Con respecto a la sal que se destinará al mercado ecuatoriano, se garantiza que el producto contendrá yodo, indicado como yoduro, en una proporción que varía entre 30 y 50 mg/kg, flúor, indicado como fluoruro, en una proporción entre 200 y 250 mg/kg, y antihumectante hasta un máximo de 200 mg/kg de silicoaluminato (compuesto de silicio y aluminio) de sodio.

El yodo ayuda a prevenir la aparición de bocio endémico o cretinismo (problemas de crecimiento), el flúor a fortalecer el esmalte dental, y disminuir la formación de caries, y el antihumectante es añadido para estimular la fluidez.

El yodo se lo incorpora como yoduro de potasio, para estabilizarlo correctamente se añade también, en proporciones convenientes, dextrosa y bicarbonato de sodio, entre tanto que el flúor se lo incorpora como fluoruro de potasio. La incorporación de todos estos elementos, a excepción del antihumectante, es por vía húmeda mediante un sistema de rociado a presión y posterior homogenización.

En la actualidad, Ecuador mantiene controlada la deficiencia de yodo, que es la causa primordial de retardo mental en los niños. Esto se consiguió gracias a la yodación del 95 por ciento de la sal que se produce en el país, y que es consumida por el 95% de la población. Es preciso realizar los esfuerzos necesarios que permitan garantizar la sostenibilidad de los logros alcanzados hasta el momento.

Se agrega además a la sal los aditivos alimentarios (Ver Anexo 2)

Además la sal debe contener contaminantes, pero no en cantidades que resulten nocivas para la salud de los consumidores, estos niveles no deben superar los expuestos en la tabla siguiente:

TABLA II.II

CONTAMINANTES

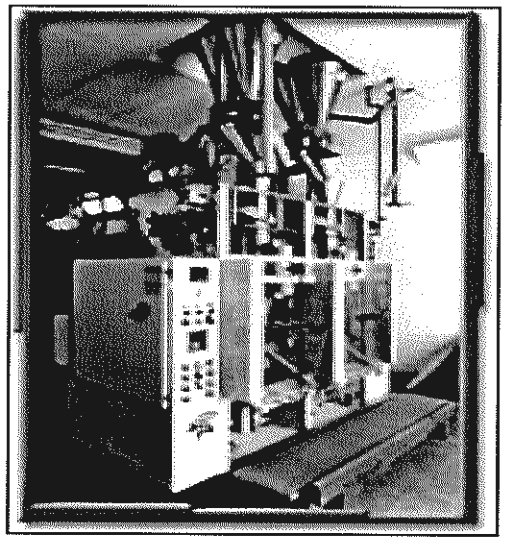
Contaminante	Límite máximo mg(Kg
Arsénico, como As	0.5
Cobre, como Cu	2
Plomo, como Pb	2
Cadmio, como Cd	0.5
Mercurio, como Hg.	0.1

2.6. Empaquetado, Almacenamiento y Distribución

Las plantas refinadoras de sal para consumo humano en la provincia del Guayas, realizan el proceso de empaquetado por medio de una empaquetadora automática (Figura 2.7)

FIGURA 2.7

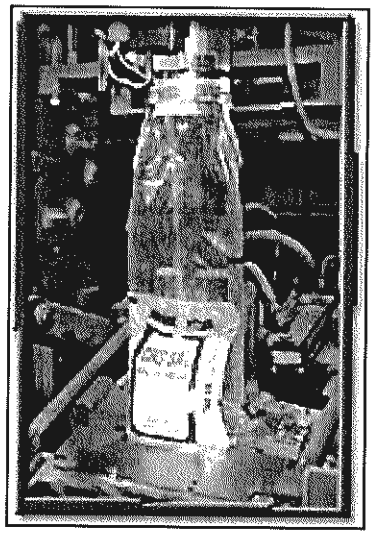
EMPAQUETADORA AUTOMÁTICA



La sal es empacada en fundas de polietileno selladas, o en sacos de polipropileno, con un "lining" o forro interior de polietileno como barrera contra la humedad (Figura 2.8)

FIGURA 2.8

SAL EN FUNDA



Las fundas de polietileno, son al mismo tiempo reempacadas, para su mayor facilidad de manejo, en sacos de polipropileno (Figura 2.9)

FIGURA 2.9

SACOS DE POLIPROPILENO

A continuación se expone un cuadro que muestra la cantidad empacada, material de empaque y presentación del producto.

TABLA II.III

PRESENTACIÓN DE LOS EMPAQUES DE LA SAL REFINADA

CANTIDAD EMPACADA	MATERIAL DEL EMPAQUE	PRESENTACIÓN
50 kg	Polipropileno laminado	Saco
2 Kg	Polietileno	Paca x 25
1 kg	Polietileno	Paca x 50
500 g	Polietileno	Paca x 50

Las empaquetadoras representan una zona importante en una Planta, según el estudio citado las empaquetadoras funciona el 44%, y se producen esperas un 19% y daños 37%.

Los daños se originan en los rodillos, teflón, bandas. Las esperas se dan principalmente a la calibración de los equipos que producen cerca de tres paras por hora, pues comienzan a sellar mal, lo que ocasiona desperdicio de sal, funda, y tiempo. En muchas ocasiones las empaquetadoras no

tienen sal necesaria para empezar el proceso de empaquetado, por lo que se encuentran paradas.

Luego de este proceso la sal refinada es almacenada en bodegas, hasta que se realice el cargue en los camiones utilizados para su distribución.

Cabe recalcar que todo el proceso de refinación es realizado por medios mecánicos, sin que exista intervención humana, como un agregado para garantizar la pureza de los productos.

CAPITULO III

III. EVALUACIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN Y PROCESAMIENTO DE LA SAL EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS

La evaluación de los procesos de extracción y procesamiento de la sal en la Provincia del Guayas tiene como objetivo determinar las desviaciones de las operaciones actuales que se realiza en los mismos con respecto a un modelo determinado en base a investigaciones del proceso en otras industrias similares en el mundo y conceptos científicos referenciales obtenidos por investigación por medio de Internet, normas ecuatorianas y bibliografía que sugieren una mejoría al proceso sometido a evaluación.

3.1. Modelo Mejorado

El modelo mejorado es un compendio de normas nacionales e internacionales, con el objetivo de proponer un proceso nuevo y eficiente en todas sus fases.

Cabe indicar que el modelo mejorado y el sometido a evaluación comprenden las mismas fases, la diferencia se halla en la forma en que se ejecuta cada una de ellas, y ciertas características que deben mejorarse o cambiarse en las mismas, para optimizar el proceso de producción de la sal.

El modelo mejorado en el proceso de producción de la sal comprende cada una de las fases siguientes:

3.1.1. Preparación de las piscinas evaporadoras, Llenado y Selección del agua.

El proceso de la elaboración de la sal empieza con la preparación de las piscinas evaporadoras, que tienen aproximadamente 40 a 60 m. de ancho, 9 a 27 m. de largo, y 60cm. de profundidad, además poseen paredes de ladrillo.

El llenado y selección del agua se realiza mediante bombas grandes que extraen el agua del mar y la conducen mediante un canal hasta las piscinas evaporadoras.

En estas piscinas se sedimentan las impurezas y los materiales en suspensión, como: algas, peces pequeños, crustáceos, barro, etc. En este primer estanque o piscina comienza a evaporarse el agua hasta que alcanza unos 6 grados de concentración.

3.1.2. Salmuera

En esta primera piscina lo restante luego de la evaporación del agua es la salmuera, que es enviada a otra piscina donde va a seguir evaporándose hasta que alcance los 9 grados, donde comienza a precipitarse el carbonato cálcico. Una vez que la salmuera alcance los 12 grados es canalizada a otra piscina donde se va a precipitar el sulfato cálcico hasta que llega a los 24 grados de concentración.

Con esta salmuera concentrada de 24 grados se alimentarán las piscinas cristalizadoras; cuyo piso o fondo se encuentra nivelado y donde se comenzará a cristalizar la sal por la acción solar.

Cabe recalcar que es importante la combinación se sol y viento. El sol evapora el agua superficial del cristalizador formando cristales diminutos que al unirse crean una fina capa que por la acción del viento se rompe, y de esta manera se precipita en el fondo del

cristalizador, hay que saber que este fenómeno ocurre constantemente.

Es por eso que estudiosos del tema afirman que la sal es un producto agrícola, ya que está sometida a la acción de agentes atmosféricos. Por ejemplo se ha comprobado mediante estudios que la falta de sol y viento, o el exceso de lluvia, puede echar a perder la cosecha de sal que dura aproximadamente dos años.

Las piscinas cristalizadoras deben ser alimentadas continuamente con nueva salmuera, para evitar que la densidad supere los 29 grados, ya que a esa concentración comenzarían a depositarse las sales magnésicas, que debido a sus cualidades higroscópicas, harían que la sal estuviese siempre húmeda.

Entre los meses de Julio – Agosto aproximadamente se seca el agua de las piscinas cristalizadoras y se hacen unos canales laterales de la piscina para desalojar el agua.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
ESPOL
CIB-ESPOL

3.1.3. Cosecha, lavada y apilada de la sal

Las cosechadoras mecánicas anualmente entran en el cristalizador y recogen la sal gruesa, que puede variar entre 12 y 20 cm de espesor. Luego de esto las piscinas cristalizadoras deben ser preparadas para el reintegro al proceso de producción de nueva sal.

Luego de la cosecha de la sal, ésta se introduce en unas centrifugadoras que, mediante un circuito cerrado de salmuera, a través de un filtro, limpian la sal extrayendo las partículas de tierra o la presencia de sustancias extrañas.

Luego de que la sal es lavada, se apila enseguida en montañas de 12 a 13 metros de altura, de manera que permita su escurrimiento y disminución en los niveles de los químicos e impurezas mencionados.

3.1.4. Transporte y Apilamiento

En esta fase del proceso, ya se ha realizado la cosecha de la sal, y luego de aproximadamente dos años de trabajo arduo, al fin puede transportarse la sal para ser procesada, empacada y distribuida al mercado.

La sal es cargada a los camiones mediante retroexcavadoras, para su traslado a las plantas refinadoras, donde es nuevamente apilada para su posterior tratamiento.

3.1.5. Proceso de Refinación

La refinación de la sal empieza con la lavada de la sal mediante centrifugadoras, ya que durante el traslado, ésta puede haber adquirido impurezas.

Luego de la lavada, la sal pasa a los secadores de sal, que consisten en hacer circular aire caliente, a muy altas temperaturas (140°C), de esta manera se reduce la humedad de la sal en grano a menos de 0,1 % y se eliminan las bacterias halófilas.

Se realiza un examen de bacterias halófilas, el cual debe resultar negativo para continuar con el proceso, de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización NTE INEN 57. "Sal de Mesa: Requisitos".

Luego se pasa por los enfriadores rotatorios inclinados que llevan aire frío en contracorriente, por lo que la temperatura disminuye

hasta 90°C aproximadamente, luego pasa por molinos de rodillo, que consisten, en dos rodillos que giran uno en sentido contrario del otro. Al ser graduable la distancia entre los rodillos, se logra que la mayor parte de la producción sea de la medida del grano deseado. Los molinos consiguen reducir progresivamente la granulometría hasta las dimensiones deseadas.

La sal una vez molida pasa a los tamices, que son cedazos de malla que permiten la clasificación de la sal, para luego procesarla, en el caso de las sales para consumo humano, mientras que en caso de sal industrial, la sal molida pasa al proceso de ensacado directamente.

La sal debe pasar por un tamiz de 0.841 mm. de abertura y por lo menos el 25% de la misma debe pasar a través de un tamiz de 0.212 mm. de abertura según la NTE INEN 57.

Las sales de mesa una vez secadas, molidas y clasificadas, hasta obtener la granulometría deseada, deben pasar por un proceso de adición de ciertos compuestos para que sean aptas para el consumo humano.

Se debe garantizar que la sal para consumo humano contenga yodo, ya que ayuda a prevenir la aparición de bocio endémico o problemas de crecimiento y flúor para fortalecer el esmalte dental, y disminuir la formación de caries.

En el caso de Ecuador la sal yodada y fluorurada no debe comercializarse ni consumirse en localidades donde exista un nivel de flúor en el agua potable superior a 0.7 mg/litro, en estas localidades debe consumirse únicamente la sal yodada.

Se presenta un detalle de las localidades ecuatorianas y el nivel de flúor en el agua de consumo humano de las mismas (Ver Anexo3)

Todos los aditivos que debe poseer la sal, así como las cantidades necesarias de los mismos que deben ser añadidas a la sal para que sea apta para el consumo humano, son expuestos en la tabla I.I

La incorporación de todos estos elementos, a excepción del antihumectante, es por vía húmeda mediante un sistema de rociado a presión y posterior homogenización.

3.1.6. Empaquetado, Almacenamiento y Distribución

La sal para consumo humano debe ser empacada en fundas de polietileno selladas que protegen al producto de la humedad, y éstas en sacos de polipropileno, con un "lining" o forro interior de polietileno como protección adicional.

La cantidad empacada y su presentación debe ser variada para que logre abarcar algunos segmentos del mercado, y de esta manera atienda no sólo a los grupos mayoritarios sino también a los grupos minoritarios.

Se presenta una tabla con la cantidad empacada y la presentación que este modelo sugiere (Ver Anexo 4)

Luego la sal refinada es almacenada sobre estibas en bodegas cubiertas y secas, alejadas de cualquier foco de contaminación; protegidas del ambiente externo por medio de paredes de concreto.

El lugar deberá estar destinado únicamente para el almacenamiento de la sal para consumo humano.

Cabe recalcar que la sal es un producto mineral altamente higroscópico que debe almacenarse en lugar seco.

Luego de que la sal se encuentra debidamente empacada y almacenada, ésta se distribuye en todo el país mediante vehículos, los cuales deben cumplir ciertas características como: tener bien barrido el piso, tener carpas para proteger la carga de la lluvia y polvo durante el viaje.

Es decir dichos vehículos deberán ser utilizados solamente para la distribución de la sal refinada dentro del país.

Las mencionadas fases de extracción, procesamiento, empaquetamiento, almacenamiento y distribución de la sal para consumo humano deben ser tal que eviten todo riesgo de contaminación.

3.2. Análisis del proceso de producción de sal en la Provincia del Guayas

Con la finalidad de realizar un análisis completo de las fases del proceso de producción de sal que se realizan en las Provincia del Guayas, se expone un cuadro (Ver Anexo 5) con todas las fases y sus

características tanto en el modelo actual como en el modelo mejorado, cuyo efecto comparativo sirvió para sugerir cambios y mejorías a base de los resultados obtenidos

De acuerdo a las diferencias encontradas se han establecido los hallazgos siguientes:

HALLAZGO

1. Preparación de las piscinas

CONDICIÓN

Las piscinas evaporadoras en el modelo actual son construidas cerca de la playa, con muros de contención y piso de barro, y tienen aproximadamente unos 60 cm. de profundidad, se encuentran conectadas en serie.

CRITERIO

En el modelo mejorado las piscinas deben oscilar entre 40 y 60 cm. de ancho y 9 a 27 m. de largo, y 60 cm. de profundidad, y paredes de ladrillo.

CAUSA

No se han estandarizado los tamaños de las piscinas sino solamente la medida de profundidad que éstas deben tener.

EFECTO

Al no estandarizar las piscinas, estas resultan ser o muy pequeñas o muy grandes, en el primer caso, se desperdicia espacio que se debe dejar entre las piscinas para que puedan entrar los camiones recolectores, y en el segundo caso la recolección y cargue de la sal que se encuentra en el centro de la piscina se hace difícil.

HALLAZGO

2. Precipitación de Compuestos

CONDICIÓN

En el modelo actual el carbonato cálcico y el sulfato cálcico se precipitan en la misma piscina cuando la salmuera alcanza los 9 grados de concentración

CRITERIO

En el modelo mejorado el carbonato cálcico y el sulfato cálcico se precipitan en dos piscinas o estanques, cuando la salmuera alcanza los 9 y 12 grados de concentración respectivamente.

CAUSA

Esto se debe a que no se había establecido que la precipitación de estos compuestos debería darse por separado.

EFECTO

La salmuera no sea tan concentrada y pura luego de la precipitación de los compuestos.

HALLAZGO

3. Piscinas Cristalizadoras

CONDICIÓN

En el modelo actual las piscinas cristalizadoras son alimentadas con la salmuera concentrada de 12 grados, luego de la precipitación de los compuestos.

CRITERIO

En el modelo sugerido los cristalizadores deben ser alimentados con la salmuera concentrada de 24 grados, luego de la precipitación de los compuestos.

CAUSA

Esta situación se debe a que desde la fase de Llenado y selección del agua los grados de concentración no coinciden con el modelo mejorado.

EFECTO

La cristalización de la sal toma más tiempo, ya que se comienza a cristalizar la sal con 12 grados de concentración, y no con 24 grados como en el modelo sugerido.

HALLAZGO

4. Máquinas Recolectoras de sal

CONDICIÓN

Las cosechadoras mecánicas entran al cristalizador y recogen la sal gruesa, cuyo espesor tiene aproximadamente 15 cm. de espesor.

CRITERIO

En el modelo mejorado, esta fase se realiza de la misma manera, por tanto no existe criterio mejorado.

HALLAZGO

5. Lavada de la Sal

CONDICIÓN

La sal es lavada inicialmente por inmersión en un tornillo sinfín inclinado, sobre el lecho de una malla desaguadora.

CRITERIO

En el modelo mejorado la sal es lavada una sola vez por medio de centrifugadoras, que mediante un filtro limpia la sal extrayendo las impurezas.

CAUSA

Esta situación se da como una limpieza ligera, ya que en el proceso de refinamiento nuevamente se lava la sal por centrifugadoras, lo que trae como consecuencia que esta fase de lavado se repita innecesariamente.

EFECTO

Esta fase de lavado se hubiera evitado si en un principio se hubiera lavado por medio de centrifugadoras.

HALLAZGO

6. Tiempo de Funcionamiento de la Lavadora

CONDICIÓN

A base del estudio realizado en una Planta refinadora de sal de la Provincia del Guayas y expuesto en el Capítulo II, en el 48% del tiempo de funcionamiento de la lavadora se producen esperas, en el 7% se producen daños, y solo el 45% del tiempo funciona normalmente.

CRITERIO

En el modelo mejorado la sal es lavada por centrifugadoras, pero si se utiliza la lavadora no se deben producir esperas, ni mucho menos daños en la lavadora, ya que debe funcionar de manera continua para el rendimiento óptimo del proceso productivo general y de los recursos empleados.

CAUSA

Esta situación se debe a que la pala mecánica ocasionalmente se avería, y a un importante daño en los molinos; además, se producen las esperas, debido a la reparación de los equipos, y las tolvas que se encuentran llenas, tanto la principal como las secundarias.

EFECTO

El efecto principalmente se refleja en el desperdicio de tiempo en las esperas, ya que la fase consecutiva tiene que procesar la sal a la misma velocidad de la lavadora, por lo que ocasionalmente se paraliza todo el proceso.

HALLAZGO

7. Apilada de la Sal

CONDICIÓN

La sal es apilada en montañas no uniformes luego de ser lavada.

CRITERIO

En el modelo mejorado la sal luego de ser lavada tiene que ser apilada en montañas uniformes de 12 a 13 metros de altura.

CAUSA

En el modelo actual no se ha establecido una norma de uniformidad en las montañas de apilamiento de la sal.

EFECTO

El apilamiento de la sal no es uniforme en el proceso de lavado, y la altura de las montañas de 12 a 13 metros es el tamaño adecuado para la operación de las retroexcavadoras, que cargan la sal en los camiones.

HALLAZGO

8. Transporte de la Sal

CONDICIÓN

La sal luego de ser lavada y apilada, es transportada hasta las Plantas de Refinación en camiones.

CRITERIO

No existe criterio alguno ya que en el modelo mejorado esta fase del proceso se realiza de la misma manera, y no existen mejoras que sugerir, consecuentemente tampoco existe causa y efecto de este hallazgo.

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL ESPOL
CIB-ESPOL

HALLAZGO

9. Lavada de la Sal

CONDICIÓN

La sal pasa por un nuevo proceso de lavado y centrifugado, para eliminar las impurezas que hubieren podido adquirir durante el traslado o apilamiento hasta la Planta de Refinación.

CRITERIO

En el modelo mejorado la sal es lavada directamente en las centrifugadoras, ya que son más eficientes al eliminar las impurezas.

CAUSA

En el modelo actual la sal es lavada en la lavadora, y luego en las centrifugadoras, para evitar que se filtre todo tipo de impurezas, pero en el modelo mejorado no es necesario el uso de la lavadora de la sal, ya que la centrifugadora es mejor para la limpieza de la sal.

EFECTO

El uso de la lavadora de sal es innecesario, además que ésta puede presentar muchos inconvenientes, como se expuso en el Hallazgo: Tiempo de Funcionamiento de la Lavadora, aunque si se propone un

mejor control de mantenimiento de la lavadora se sugiere conservarla en el proceso actual, porque el costo del lavado es significativamente bajo.

HALLAZGO

10. Secada de la Sal

CONDICIÓN

La sal se introduce en unos secadores rotatorios de sal, que consisten en hacer circular una gran cantidad de aire calentado previamente con gas propano, a muy altas temperaturas (140°C), de esa manera se reduce la humedad de la sal en grano a menos de 0,1 % y se eliminan las bacterias halófilas. Se realiza un examen de bacterias halófilas, el cual debe resultar negativo para continuar con el proceso, de acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana del Instituto Ecuatoriano de Normalización INEN 57. "Sal de Mesa: Requisitos".

CRITERIO

En el modelo mejorado la sal es secada de forma similar y se realiza el examen de bacterias halófilas, por lo que no existe criterio alguno, ni mejoras que sugerir, consecuentemente tampoco existe causa y efecto de este hallazgo.

HALLAZGO

11. Moledura de la Sal

CONDICIÓN

La sal se introduce en molinos de rodillo, que consisten, en dos rodillos que giran uno en sentido contrario del otro. Se puede graduar la medida del grano que se desea obtener.

CRITERIO

En el modelo mejorado la sal es molida de forma similar, por lo que no existe ningún criterio, ni tampoco causa y efecto.

HALLAZGO

12. Proceso de Producción de Sal

CONDICIÓN

La sal se introduce en molinos de rodillo, que consisten, en dos rodillos que giran uno en sentido contrario del otro. Se puede graduar la medida del grano que se desea obtener.

CRITERIO

La sal en grano, pasa a un módulo tipo caldero en serpentina, donde se sigue el siguiente proceso:

- Se la mezcla con agua para disolverla

- Se calienta el evaporador a través de un serpentín secundario que transfiere calor al módulo

- El líquido gira y se mantiene en movimiento con unas aspas helicoidales que se encuentran en el fondo del módulo.

- Existen filtros que limpian el líquido a medida que éste circula por el serpentín principal
- A medida que se evapora el líquido, la sal se seca, se cristaliza y se granula en forma homogénea

CAUSA

Este nuevo proceso que reemplaza de manera eficiente al proceso de molienda no ha sido utilizado aún en nuestro país por el alto costo que representa la adquisición de esta maquinaria.

EFECTO

El proceso de molienda produce una sal más húmeda y de buena calidad, pero el uso del módulo tipo caldero produciría una sal más seca y de excelente calidad, que estaría orientada en un mercado más selecto.

HALLAZGO

13. Tamices

CONDICIÓN

La sal luego de ser molida, pasa por unos tamices, que son unos cedazos de malla, que permiten clasificar la sal, para luego procesarla. Estos tamices tienen dimensiones variables.

CRITERIO

En el modelo mejorado la sal debe pasar por un tamiz de 0.841 mm de abertura y por lo menos el 25% de la misma debe pasar a través de un tamiz de 0.212 mm de abertura según la NTE INEN 57.

CAUSA

No se ha establecido las dimensiones de los tamices

EFECTO

La sal en grano no es siempre del mismo tamaño, es decir no es uniforme, ya que no se toma en cuenta el tamaño del tamiz

HALLAZGO

14. Aditivos

CONDICIÓN

La sal para que sea apta para el consumo humano se le agrega flúor y yodo, en cantidades que oscilen entre 200-250 mg/Kg. y 30-50 mg/Kg, respectivamente.

La sal yodada y fluorurada no debe comercializarse ni consumirse en las localidades (Ver Anexo3), debido a que poseen un nivel mayor a 0.7 mg/l de flúor en el agua para consumo humano.

La incorporación de estos elementos se realiza por vía húmeda por un sistema de rociado a presión.

CRITERIO

En el modelo mejorado los aditivos de la sal son incorporados de forma similar, y las cantidades se encuentran adecuadas para nuestro país, aunque en el modelo mejorado se propone una cantidad mayor de

yodo, se debe aplicar la cantidad establecida para el Ecuador, por lo que no existe ningún criterio adicional, ni tampoco causa y efecto.

HALLAZGO

15. Empaquetado

CONDICIÓN

La sal es empacada en fundas de polietileno selladas, o en sacos de polipropileno, con un "lining" o forro interior de polietileno como barrera contra la humedad.

Las cantidades que se empacan y distribuyen son las detalladas en la tabla II.III.

CRITERIO

Con respecto al material de empaque de la sal el modelo actual se encuentra conforme al modelo mejorado, mientras que en la cantidad que se empaca y distribuye el modelo mejorado sugiere una variedad del producto que el modelo actual no posee (Ver Anexo 4)

CAUSA

No se había establecido la posibilidad de empacar fundas de 3 kg, ni tampoco empacar la sal en saleros o sobres.

EFECTO

La sal producida no llega a todos los sectores, el producto en estas presentaciones adicionales serían dirigidas a un mercado más selectivo como aerolíneas, restaurantes, hoteles, cafeterías, entre otros.

HALLAZGO

16. Tiempo de Funcionamiento de las Empaquetadoras

CONDICIÓN

En base al estudio realizado en una refinería de sal de la Provincia del Guayas y expuesto en el Capítulo II, en el 19% del tiempo de funcionamiento de la lavadora se producen esperas, en el 37% se producen daños, y solo el 44% del tiempo funciona normalmente.

CRITERIO

A pesar de que las empaquetadoras no sean utilizadas todo el tiempo de funcionamiento de las plantas procesadoras, en este tiempo ocio debería calibrarse los equipos, a fin de que las empaquetadoras se encuentren totalmente preparadas al momento de funcionar.

CAUSA

En el modelo actual se producen daños en los rodillos, teflón y bandas. Las esperas se originan por la inadecuada calibración de los equipos que empiezan en cualquier momento a sellar mal, lo que ocasiona desperdicio de sal, funda, y tiempo.

EFECTO

El efecto de este hallazgo es el desperdicio de tiempo, sal y material de empaquetado.

HALLAZGO

17. Almacenamiento

CONDICIÓN

La sal luego de ser empacada es almacenada en bodegas, que no reportan ningún requisito o norma de salubridad.

CRITERIO

La sal es almacenada sobre estibas en bodegas cubiertas y secas, alejadas de cualquier foco de contaminación; protegidas del ambiente externo por medio de paredes de concreto.

La sal es un producto mineral altamente higroscópico que debe almacenarse en lugar seco.

CAUSA

No se tiene mayor control en las bodegas de almacenamiento de la sal refinada lista para su distribución al mercado ecuatoriano.

EFECTO

La sal a pesar de encontrarse empacada puede ser contaminada o humedecida por deficiencias de control de calidad y de higiene en las bodegas.

HALLAZGO

18. Distribución

CONDICIÓN

La sal se distribuye al mercado ecuatoriano por medio de vehículos, a los cuales no se les exige ningún requisito.

CRITERIO

La sal se distribuye en el país mediante vehículos, los cuales deben cumplir ciertas características como:

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL ESPOL
CIB-ESPOL

- Tener bien barrido el piso

- Tener carpas para proteger la carga de la lluvia y polvo durante el viaje.

- No se deben cargar con sal refinada vehículos que en el último viaje hayan transportado productos que generen olores fuertes o persistentes.

- Los vehículos deben ser destinados solamente para la distribución de la sal refinada dentro del país.

CAUSA

No se tiene mayor control en los vehículos que se poseen para la distribución de la sal.

EFECTO

La sal al momento de ser distribuida puede llegar a contaminarse, o a tener un olor desagradable deteriorándose el sabor y la buena calidad de la misma.

3.3. Áreas de mejora.

Como resultado del análisis de cada fase del proceso de producción de la sal en la Provincia del Guayas, se concluye que las plantas refinadoras que lo llevan a cabo pueden administrar eficiente y eficazmente los recursos en cada una de sus fases implementando mejorías.

Las fases críticas del proceso productivo que deben ser tomadas en cuenta para una mejora son

Preparación de las piscinas: No se ha estandarizado el tamaño adecuado de las piscinas evaporadoras. Esta estandarización permitiría obtener uniformidad en las piscinas, y consecuentemente ahorrar espacio en el terreno y facilitar la tarea de recolección de la sal.

Salmuera: Dentro de esta fase lo que se debería mejorar es:

- **Precipitación de Compuestos:** El carbonato y el sulfato cálcico se precipitan en la misma piscina evaporadora, cuando es recomendable que sea en piscinas separadas, a fin de que la salmuera se encuentre más concentrada.

Lavada de la sal: En esta fase debería utilizarse una centrifugadora que cumple la misma función que la lavadora, pero es más eficiente, ya que la

lavadora puede sufrir averías como se pudo observar en el estudio realizado a una planta refinadora de sal en la Provincia del Guayas expuesto en el Capítulo II.

Lavada y Apilada de la sal: En esta fase no existe uniformidad en las montañas de apilamiento de la sal, lo que dificulta la tarea de las retroexcavadoras, porque la altura adecuada de las montañas debería ser de 12 a 13 metros.

Empaquetado: Dentro de esta fase debería existir una mayor variedad de presentaciones del producto, para de esta manera acceder a mercados más selectos.

3.4. Plan de Implementación

Este plan es una propuesta para poner en marcha las mejoras al proceso de producción de sal de la Planta Refinadora Ecuasal en la provincia del Guayas, formuladas en la Tesis.

El Gerente de Producción es el Ing. Jorge Centeno, que va a ser el responsable de llevar a cabo una fase del plan de implementación.

*** Desarrollo del Plan**

1. Ubicar las fases críticas del proceso que están sujetas a mejoras

2. Seleccionar los puntos clave en lo que se trabaja dentro de las fases críticas

3. Prepara un análisis costo-beneficio previo a la implementación de las mejoras.

El Plan de Implementación se encuentra detallado en el Anexo 6

CONCLUSIONES

1. En el modelo analizado no se encuentra un estándar en el tamaño de las piscinas evaporadoras de sal, porque no se ha tecnificado ni se ha dado mucha importancia a las medidas que deben tener las piscinas para la extracción de la sal.

2. Los compuestos carbonato y sulfato cálcico se precipitan en la piscina evaporadora que se encuentra con una salmuera que inicia con un nivel de concentración de 9 grados y termina con 12 grados. Se lo hace por costumbre y no se ha analizado todavía la posibilidad de que la salmuera se encuentre más concentrada ni que la precipitación sea por separado y a distintos grados de concentración.

3. En el modelo analizado, las piscinas cristalizadoras son alimentadas con la salmuera concentrada a 12 grados. Este valor excesivamente bajo comparado con lo estandarizado, se debe a que desde la fase anterior de

precipitación de los compuestos, los niveles de concentración se los ha mantenido con valores más bajos que el estándar y no es posible en esas condiciones llegar a 24 grados que sería lo más adecuado.

4. Los bloques de sal son procesados en una lavadora continua de sal previo a la etapa posterior de limpieza por centrifugación, para poder librarla de las impurezas. No se hace uso de técnicas mejoradas como la doble centrifugación, que es más eficiente porque limpia la sal sin necesidad de un lavado previo en la planta.

5. Según un estudio anterior realizado y expuesto en el Capítulo II, se puede observar que la planta se paraliza muchas veces, debido a daños en los equipos, porque no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo en todas las áreas y porque además el personal no dispone de todas las herramientas necesarias para corregir los daños que se presentan diariamente. Esta es la causa para que se produzcan retrasos en el proceso de producción.

6. El apilamiento de la sal no es uniforme, porque no se ha establecido el tamaño estándar adecuado en las montañas compactadas de sal. Se utilizan montañas de niveles indiferentes.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
ESPOL
CIB-ESPOL

7. En el modelo actual la sal se tritura en unos molinos donde se gradúa manualmente la medida del grano, esta fase es correcta, sin embargo no debería ser la única porque existen otros procesos en donde se obtiene sal de mejor calidad.

8. La sal pasa por unos tamices de dimensiones variables, no se ha establecido una normativa sobre el tamaño de la abertura de los tamices a ser utilizados, de esta manera la sal que se obtiene en grano no es del mismo tamaño y no conserva uniformidad.

9. La Norma INEN 57 también indica que en ciertas localidades del país donde el nivel de flúor en el agua para consumo humano es mayor a 0.7 mg/l, no debe consumirse ni comercializarse sal yodada y fluorurada.

10. La sal es empacada en fundas selladas de polietileno, y éstas luego empacadas en sacos de polipropileno con forro interior de polietileno contra la humedad. Los materiales de empacado se encuentran de acuerdo a los estándares de calidad propuestos en el modelo mejorado. Los tamaños en cambio son muy restringidos.

11. Para el almacenamiento de la sal en bodegas, no se ha conocido ningún requisito o norma de salubridad, razón por la cual no se tiene mayor control en las mismas. Internacionalmente existen requisitos de almacenamiento muy exigentes y que deberían ser obligatorios.

12. La sal es distribuida por medio de vehículos, a los cuales no se les exige requisitos específicos para transportación de sal porque no existen dentro de las Normas INEN. Internacionalmente los requerimientos son muy exigentes aun cuando son fáciles de cumplir.

13. La producción de sal en las piscinas de la península no abastecen para el consumo del país, por lo que cada vez es más frecuente la importación de sal de las minas de Chile y Colombia.

RECOMENDACIONES

1. Estandarizar el tamaño de las piscinas, con respecto al ancho y largo de las mismas, las que deben tener 40 a 60 cm. de ancho y 9 a 27 m. de largo ya que si son muy pequeñas, se desperdicia mucho espacio entre piscina y piscina, mientras que si son muy grandes, esto dificulta la tarea de las retroexcavadoras, que tendrían que ingresar a las piscinas y trasladar la sal que se encuentra en el centro de las mismas hasta los camiones.

2. Se debe lograr que la precipitación de los compuestos carbonato y sulfato cálcico se efectúe en dos piscinas separadas una de la otra, cuyo nivel de concentración sea 9 y 12 grados respectivamente, para que la salmuera sea más concentrada, y en la siguiente fase del proceso de la sal no se demore mucho tiempo la cristalización, puesto que en el modelo actual en la misma piscina se precipitan los dos compuestos y la salmuera resultante no se encuentra suficientemente concentrada.

3. Se recomienda alimentar las piscinas cristalizadoras con la salmuera a 24 grados de concentración, ya que a ese nivel demora menos tiempo la cristalización, ya que se encuentra más concentrada.

4. Purificar la sal utilizando centrifugadoras que son más eficientes en la tarea de extraer las impurezas, porque apartan todos los sólidos en suspensión. El uso de la lavadora como se da en el modelo actual se considera insuficiente, porque depende de la capacidad de retención del filtro.

5. Si la implementación de la centrifugadora es poco rentable para la planta refinadora, y se debe mantener la lavadora de sal en el proceso de refinamiento, es importante implementar un mejor control y mantenimiento de la lavadora.

6. Con respecto al proceso de producción de sal en la Provincia del Guayas se recomienda:

- Realizar un plan de mantenimiento diario de los equipos.
- Capacitar técnicamente a los operarios, supervisores, y jefes de las áreas
- Proporcionar a los operarios las herramientas necesarias para reparar los daños

- Crear una base de datos para un mejor control de las maquinarias, donde se incluya el código de las mismas, características particulares, cuadro de mantenimiento, y repuestos utilizados a lo largo de su vida útil
- Inventariar los repuestos disponibles en bodega para poder reparar los daños con prontitud.
- Calibrar las empaquetadoras durante el tiempo que no funcionen por falta de sal, de manera que estén arregladas para cuando se las requiera.

7. Apilar la sal en montañas compactas de 12 a 13 metros de altura con el fin de facilitar la labor de las retroexcavadoras y el transporte de la sal.

8. La moledura de la sal puede ser reemplazada por un módulo tipo caldero en serpentina, donde la sal se la mezcla con agua para disolverla, y se calienta el evaporador a través de un serpentín secundario que transfiere calor al módulo, y el liquido al girar constantemente se evapora, se seca y cristaliza y se granula de manera homogénea. Este nuevo proceso es más eficiente porque produce una sal más seca y de excelente calidad, pero no ha sido utilizado en el país por el costo del modulo y su implementación al proceso de refinamiento.

9. La sal debe pasar por un tamiz de 0.841 mm de abertura y al menos el 25% de la misma debe pasar por un tamiz de 0.212 mm de abertura según la NTE INEN 57.

10. La cantidad empacada y distribuida debe ser de presentación variada, se recomienda empacar fundas de 3 kg, y también en saleros de 100g o 750 g y sobres de 1 g, con el fin de llegar con el producto a un mercado más selecto.

11. Todas las bodegas para almacenamiento de la sal deben tener paredes de concreto, y estar cubiertas y secas, apartadas de cualquier foco de contaminación.

12. Los vehículos utilizados para el almacenamiento debe cumplir con los ciertos requisitos como son:

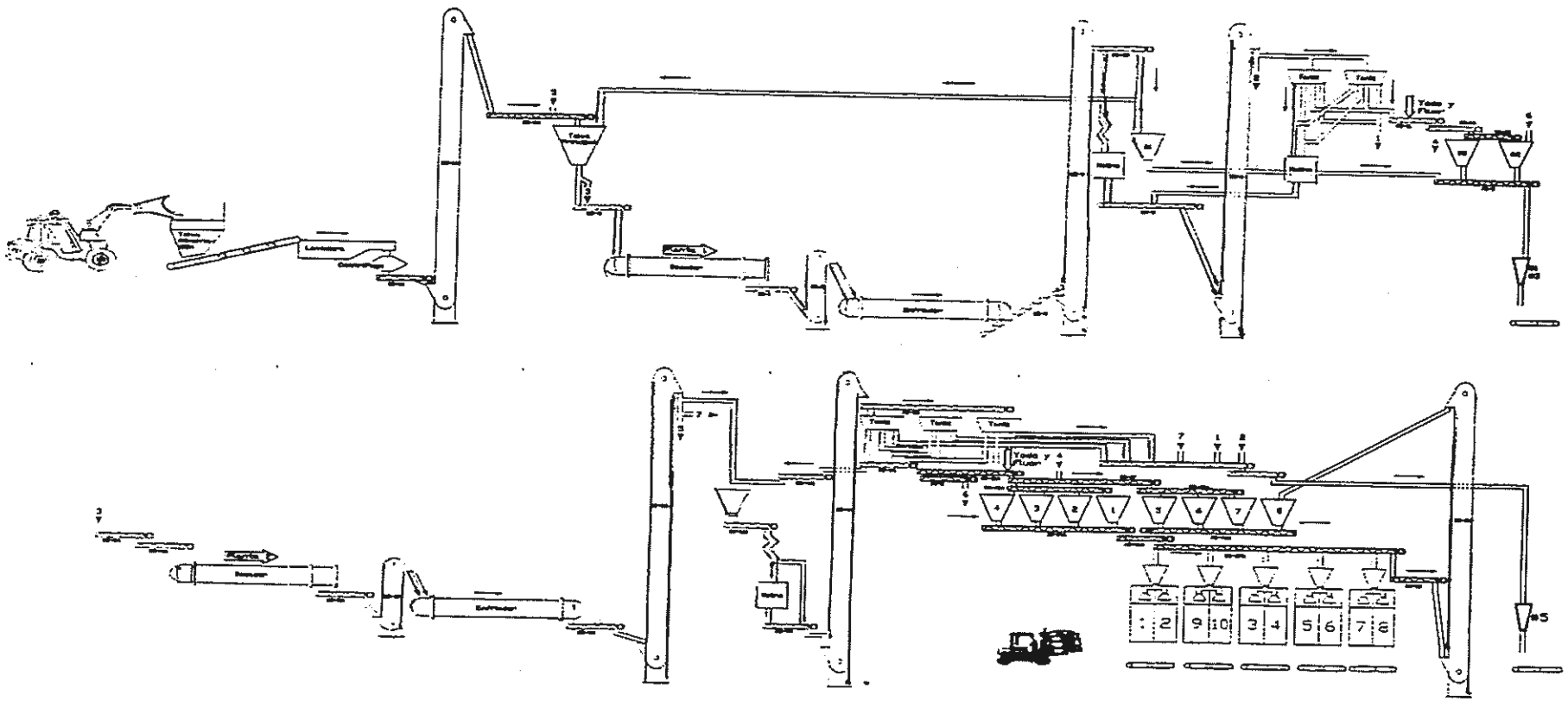
- Tener bien barrido el piso
- Tener carpas para proteger la carga de la lluvia y polvo durante el viaje.
- No se deben cargar con sal refinada vehículos que en el último viaje hayan transportado productos que generen olores fuertes o persistentes.

- Los vehículos deben ser destinados únicamente para la distribución de la sal refinada dentro del país.

ANEXOS

ANEXO 1

DIAGRAMA DEL PROCESO DE LA SAL REFINADA



ANEXO 2

TABLA II.I

DOSIS MÁXIMA DE ADITIVOS ALIMENTARIOS

ADITIVOS ALIMENTARIOS	DOSIS MÁXIMA EN EL PRODUCTO FINAL
ANTIGLUTINANTES:	
Agentes de revestimiento, carbonatos de calcio y/o magnesio, fosfato cálcico, sódico cálcico alumínico.	20 g/Kg. solos o mezclados
Agentes hidrofobos de revestimiento, sales de aluminio, calcio. Magnesio, potasio.	20 g/Kg. solos o mezclados
Modificadores de la cristalización, ferrocianuros de sodio, potasio o calcio.	10 mg/Kg. solos o mezclados
EMULSIONANTES:	
Polisorbato 80	10 mg/Kg.
COADYUVANTES DE ELABORACIÓN:	
Dimetilpolisiloxano	10 mg de residuo /Kg.

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
CIB-ESPOL

ANEXO 3

LOCALIDADES DONDE NIVEL DE FLÚOR EN AGUA POTABLE ES SUPERIOR A 0.7 mg/l

CANTON	LOCALIDAD	mg/litro
RIOBAMBA	Cubiles	2
RIOBAMBA	Bieto	2
GUAMOTE	Guamote	2
GUAMOTE	San Gerardo	2
AMBATO	Picaigua	2.1
AMBATO	Totoras	2.5
PELILEO	Pelileo	1.7
PELILEO	Rumichaca	2.7
PELILEO	García Moreno	1.7
PELILEO	Salasaca	1.9
LATACUNGA	Latacunga	1.5
LATACUNGA	Poalo	1.5
SALCEDO	Rumpamba	2.5
SALCEDO	Multiquinchi	1.6
SALCEDO	Pansaleo	1.6
SAQUISILI	Saquisilí	1.8
TOTAL	**16 LOCALIDADES**	**1.9 PROMEDIO**

FUENTE: Estudio de Concentración Natural de Flúor en el Agua de Consumo Humano del Ecuador .M.S.P 1996.

ANEXO 4

CANTIDAD Y PRESENTACIÓN DEL EMPAQUE DE ACUERDO AL MODELO MEJORADO

CANTIDAD EMPACADA	MATERIAL DEL EMPAQUE	PRESENTACION
50 kg	Polipropileno laminado	Saco
3 kg	Polietileno	Paca x 15
2 Kg	Polietileno	Paca x 25
1 kg	Polietileno	Paca x 50
500 g	Polietileno	Paca x 50
100 g	Salero en polietileno	Caja x 24
750 g	Salero en polietileno	Caja x 12
1 g	Sobre	Bolsa x 500

ANEXO 5

N.	FASES DEL PROCESO DE LA SAL	MODELO ACTUAL	MODELO MEJORADO
1	Preparación de las piscinas	60 cm. de profundidad	40 y 60 cm de ancho
		fondo de barro	9 a 27 m de largo
		conectadas en serie	60 cm de profundidad
			Paredes de ladrillo
2	Llenado y selección del agua	Se llena con bombas	Se llena con bombas
		Mediante un canal se alimentan las piscinas	Mediante un canal se alimentan las piscinas
		Sedimentan las impurezas.	Sedimentan las impurezas
		Evaporación hasta 6 grados	Materiales en suspensión
			Evaporación hasta 6 grados
3	Salmuera	La Salmuera se canaliza a otra piscina.	La Salmuera se canaliza
		Evapora hasta 9 grados	Evaporación hasta 9 grados
		Comienza a precipitarse el carbonato cálcico y el sulfato cálcico.	Comienza a precipitarse el carbonato cálcico
		Evaporación hasta 12 grados	Evaporación hasta 12 grados
		Se alimentan las piscinas cristalizadoras.	Salmuera canaliza a otra piscina
		Se cristaliza la sal por la acción solar	Comienza a precipitarse el sulfato cálcico
			Evaporación hasta 24 grados
			Se alimentan los cristalizadores con la salmuera
			Se cristaliza la sal por la acción solar

4	Cosecha de la sal	Cosechadoras mecánicas recogen la sal	Máquinas recolectoras entran al cristalizador
		Tiene 15 cm. de espesor.	Espesor de 12 - 20 cm de espesor.
5	Lavada y Apilada de la sal	Lavadora de sal por inmersión.	Lavada de sal por centrifugadoras
		Se apila la sal para su escurrimiento en montañas no uniformes	Se apila en montañas de 12 a 13 metros de altura
6	Transporte y Apilamiento	Es transportada mediante camiones.	La sal se traslada en camiones.
		La sal es apilada para su refinamiento	La sal es apilada para su refinamiento
7	Proceso de Refinación	La sal pasa por:	La sal pasa por:
		Lavadora de sal	Centrifugadora
		Centrifugadoras	Secadoras
		Secadores rotatorios	Enfriadora
		Enfriadores	Rodillos para moler
		Molinos	Tamices
		Tamices	Aditivos
		Aditivos	
8	Empaquetado	500 g	1 g
		1 kg	100 g
		2 kg	500 g
		50 kg	750 g
			1 kg
			2 kg
			3 kg
			50 kg
9	Almacenamiento	La sal es almacenada en bodegas	La sal es almacenada en bodegas que deben
			cumplir requisitos básicos
10	Distribución	La sal es distribuida a todo el país por	La sal es distribuida por vehículos que deben
		medio de vehículos	cumplir requisitos básicos

ANEXO 6

PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

N.	FASE CRITICA	PUNTOS CLAVE	ANÁLISIS COSTO-BENEFICIO	FECHA	RESP.
1	**Preparación de las piscinas**	* Inventario de piscinas * Medición de muros de contención * Cálculo de diferencia del nuevo muro * Tiempo * Costo	**Costo:** * Volumen de tierra * Maquinaria * Tiempo parada **Beneficio:** * Optimización de maquinaria * Reducción de tiempo de cosecha * Ahorro de terreno		
N.	**FASE CRITICA**	**PUNTOS CLAVE**	**ANÁLISIS**	**FECHA**	**RESP.**
2	**Empaquetamiento, Almacenamiento, y** **Distribución**	* Análisis de mercado * Plan de marketing * Modificación del área de empaque * Cálculo de inventario de suministros * Actualizar maquinaria * Adecuar transporte y bodega de almacenamiento	**Costo:** * Publicidad * Adecuaciones * Maquinaria * Materiales y Suministros * Bodega y Transporte **Beneficios:** * Precio diferenciado * Más mercado * Imagen * Más ventas	06-08	Ing. Jorge Centeno

BIBLIOGRAFIA

1. OCEANO/CENTRUM, Enciclopedia de la Auditoria, Editorial McGraw Hill, España.

2. BILBIOTECA DE AUDITORIA Y FINANZAS DEL SECTOR PÚBLICO "ILAFIC", Auditoria Integrada, Tomo 9, Bogotá, 1984

3. INSTITUTO MEXICANO DE CONTADORES PÚBLICOS, Auditoria Operacional de la Administración de Recursos Humanos, 1995

4. INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN INEN 57, Sal para consumo humano. Requisitos, Quito 1973

5. MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA, ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD, Programa Nacional de Fluoruración de la Sal de Consumo Humano, Resumen Ejecutivo, Quito, 1997

6. ESTUDIO REALIZADO A PLANTA REFINADORA DE SAL EN GUAYAS, GUAYAQUIL, 28 DE ABRIL 2003

7. 2004, Mercado de Sal en Colombia **www.upme.gov.co/mineria/EstudiosyAnalisisSectoriales/MercadoSALColombia20031021.pdf**, Colombia

8. 2004, Minas de Sal en Zipaquirá **www.Colombia.com/turismo/sitio/zipaquirá/index.asp**, Colombia

9. 2004, Sistemas de producción de sal en México **www.amisac.org.mx/page9.html**, México

10. 2004, Generalidades de la sal **www.revistainterforum.com/espanol/articulos/012503Naturalmente_sal.html**, España

11. 2004, **www.celusal.com/empresa.html**, Argentina

12. 2004, **www.celusal.com/curiosidades.asp**, Argentina

13. 2004,**www.redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publi_rocas/sal.htm**

14. 2004, **www.halita.htm**

15. 2004, **www.sañudo.com**

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
ESPOL
CIB-ESPOL