



ALUMINIOS NACIONALES S.A. (ALUNASA)¹

El Ing. Gerardo E. Porras , Gerente General de ALUNASA, se encontraba evaluando el desempeño del modelo URE², que desde 1993 se había empezado a gestar para el uso racional de la energía dentro de la empresa. Este modelo había sido ideado como parte de los instrumentos a los que se recurrió para incrementar la competitividad de la empresa, que entre 1988 y 1991 había trabajado al 30% de su capacidad. El reto competitivo que enfrentaba ALUNASA en ese momento tenía un carácter decisivo, ya que implicaba evitar el cierre de la empresa por un lado, y por el otro, asegurar su sostenibilidad futura en un mercado de alta competencia global.

En el país existía un sector que consideraba que ALUNASA estaba condenada al fracaso, debido a una incorrecta concepción estratégica de la empresa, que no basó su creación en un apropiado estudio de mercado (**Anexo 1**). Para otro sector, en el que se incluía la administración de ALUNASA, los problemas de la empresa se debían, además de esos errores estratégicos, a un conjunto de situaciones coyunturales. Estos problemas coyunturales fueron: el mercado del aluminio afectado por la aparición de un sustituto como el PVC; el intercambio regional afectado por la crisis política y militar de Centroamérica, un mercado nacional viviendo una de sus mayores crisis económicas, donde las iniciativas del gobierno como CODESA³ percibieron una fuerte limitación

¹ ALUNASA es hoy día una subsidiaria de la Corporación Venezolana de Guayana.

² Uso Racional de la Energía

³ Corporación Costarricense de Desarrollo: impulsó iniciativas de inversión con capital público y privado.

Este caso es para uso exclusivo de INCAE. Fue escrito por Francisco Sancho y contó con la edición y revisión técnica de Wendy Rodríguez Barcos. El desarrollo estuvo bajo la dirección y supervisión del profesor Lawrence Pratt, de INCAE. Su objetivo es fomentar la discusión en clase, más que ilustrar el manejo correcto o incorrecto de una situación administrativa. Este caso fue financiado por la Carl Duisberg Gesellschaft e.V. (CDG) con el fin de apoyar la educación y entrenamiento de jóvenes profesionales en el área de estrategia y administración ambiental.

Centro de Investigaciones de INCAE. Campus Alajuela, Mayo del 2002.

Distribución Restringida

Prohibida su Reproducción Total o Parcial.

presupuestaria, y finalmente, la gran recesión mundial asociada con el problema de la deuda externa y la crisis energética global. Adicional a todos estos problemas coyunturales, hubo una muy mala administración de la empresa durante el periodo que perteneció al estado costarricense.

El reto competitivo pasaba por una reorientación estratégica, que modificaría todas las áreas de acción de la empresa. Así implicó nuevos mercados metas, nuevas líneas de producto y su reorganización en los sistemas productivo, mercadotécnico y financiero. Se definió una visión de la empresa y se inició una vivencia de una filosofía gerencial muy propia de ALUNASA, basada en un sistema de Administración por Valores, que con su implementación fue cambiando la cultura organizacional de la compañía. Una acción básica en este proceso fue la identificación de los insumos críticos y su impacto en los costos de producción. En este contexto se identificó al consumo de energía como uno de los componentes necesarios de racionalizar, ya que constituía el 10% de los costos de producción (**Anexo 2**) y contaba con opciones tecnológicas para mejorar su desempeño. Para la Gerencia, la racionalización en el consumo de energía debía articularse íntimamente con todas las acciones que implicaba la reorientación estratégica y concebirse como un componente que operaba dentro de un sistema dinámico. Así surgió lo que don Gerardo llamó el Modelo URE, cuyo objetivo era reducir la intensidad energética de la producción de la empresa, es decir, reducir el consumo de los diversos energéticos por tonelada métrica de producción, bajo un enfoque sistémico⁴. En algunos casos los energéticos eran sustituidos por otros más económicos, por ejemplo, se proponía una sustitución de la electricidad por gas LPG en algunos procesos de generación de calor, ya que resultaba 7,72 veces más económico.

Ahora, el señor Porras analizaba si se había aplicado exitosamente el Modelo URE y si realmente había contribuido con la estrategia de la empresa para disminuir sus costos de producción.

Características del mercado de aluminio⁵

Consumo de Aluminio a nivel mundial

Antes de los 70's, el consumo de productos de aluminio en el hogar en forma de batería de cocina y envolturas y en la industria en el consumo de envases iba en aumento. A partir de la explosión de la industria de los derivados del petróleo los productos plásticos sustituyeron buena parte de esos productos de aluminio causando una disminución en su demanda. Mientras los productores de aluminio, identificaron nuevos usos y nuevas tecnologías de producción que abarataran el precio de esos bienes, el comportamiento de la demanda experimentó variaciones importantes⁶.

⁴ Véase Gerardo Porras, Tesis para optar al grado Magister Scientiae en Ingeniería Industrial, UCR 1999.

⁵ Se contó con información de <http://www.direcmin.cl>

⁶ En Costa Rica la firma ALCOA, había adquirido en los años 70 mediante un contrato ley, terrenos para explotación de bauxita (mineral con alto contenido de aluminio, el cual sufre un proceso de refinación y electrólisis para separar el aluminio de los otros minerales), estos terrenos fueron cedidos de nuevo al Gobierno Costarricense. ALCOA tiene hoy día una división para la fabricación de partes para envases plásticos.

Durante las décadas de los setenta y ochenta las tasas promedio anuales mundiales de crecimiento del consumo de aluminio fueron de 4.4% y 2.3%, respectivamente, mientras que en el período 1990-95 dicha tasa fue ligeramente inferior al 1%. La participación del consumo de Estados Unidos que a comienzos de los setenta representaba el 35% del consumo mundial, declinó a 29% a comienzos de los ochenta y alcanzó a sólo el 22% del consumo mundial al iniciarse el decenio de los noventa.

La participación de los países de Europa Occidental no experimentó variaciones significativas, manteniéndose en proporciones que fluctuaron entre 25% y 26% en los últimos 25 años. Los principales consumidores de esta región, Francia y la República Federal de Alemania, mantuvieron una participación estable en dicho periodo equivalente a 4% y 7%. El resto de países de Europa Occidental mantuvo una participación relativamente estable en el consumo mundial de aluminio situándose a niveles del 15%.

Japón, que entre los decenios de los setenta y ochenta aumentó su participación de 9% a 11%, alcanzó una proporción de 12% en la década de los noventa. Los países de reciente industrialización de Asia (Corea del Sur, Taiwan, Hong Kong y Singapur) que hasta comienzos de los ochenta demandaban sólo el 1% del consumo mundial de aluminio aumentaron su participación a 3%, a comienzos de los noventa, para dar cuenta del 6% en 1995.

El consumo de los países de América Latina y el Caribe creció de manera sostenida en los tres últimos decenios. Si a inicios de los setenta la participación de la región era equivalente al 2% del consumo mundial, al comenzar la década de los ochenta alcanzaba a 4%. Esta proporción experimentó un ligero declive para situarse en 3.8% en el decenio de los noventa.

Producción de Aluminio

La producción mundial de aluminio experimentó un rápido crecimiento, aunque se estabilizó a partir de 1980. En 1900 esta producción era de 7.300 toneladas, en 1938 de 598.000 toneladas y en 1993 la producción estimada de aluminio primario era de unos 19 millones de toneladas. En 1998 la producción se ubicó en los 20 millones de toneladas. Los principales países productores fueron Estados Unidos, la antigua Rusia, Canadá, China y Australia.

El mercado global se ha caracterizado por la presencia de grandes grupos oligopólicos. Reynolds Metals Co., líder de la comercialización de productos de aluminio para consumo masivo, en la década de los 90, adquirió a ALUMAX, posteriormente ALCOA adquirió Reynolds y continúa manteniendo su liderazgo a nivel mundial. Los grandes grupos dominaban tanto los mercados de materia prima como los de productos terminados, ya que funcionaban como principales oferentes de los países en desarrollo.

Para América Latina la participación en productos terminados de aluminio en los años noventa fue del 12%, representando una mejora respecto a los años 70 en los que la participación era de sólo el 6%. Con respecto al aluminio como materia prima, la región

participaba del 2% del mercado mundial en la década de los 70, en los 80 la participación creció al 9% y se ubicó en 10% en los años noventa⁷.

En Centroamérica sólo existían dos empresas de manufactura que utilizaban de aluminio como materia prima, uno se ubicaba en El Salvador conocida con el nombre de Aluminios de El Salvador S.A. (ALSASA), con más de 45 años de funciones y exportaciones principalmente a Centroamérica, Panamá, Estados Unidos y algunos países del Caribe. Sus productos eran perfiles extruidos para la industria de la construcción y aluminio de reciclaje. Es importante destacar que este segmento de la industria del aluminio fue el menos afectado por la novedosa industria de los derivados del petróleo, sin embargo es un proceso con poco valor agregado, con una tecnología menos sofisticada que la usada en la industria de la laminación y con un costo muy inferior a nivel mundial, y constituyendo un mercado conformado por muchas pequeñas empresas. La otra empresa centroamericana era ALUNASA, dedicada al proceso de laminado en frío, cuyo proceso productivo era más complejo e implicaba una mayor inversión. ALUNASA, ubicada de Costa Rica, era la única empresa de su tipo en Centroamérica y el Caribe y para entonces ostentaba una moderna tecnología.

La Empresa

Aluminios Nacionales S.A. (ALUNASA) fue una creación más de la Corporación Costarricense de Desarrollo (CODESA), como una iniciativa estatal de inversión pública y privada para el impulso de proyectos industriales. La creación de ALUNASA fue en 1976 pero no fue sino hasta el año 1981 cuando inició sus operaciones. La empresa se concibió para la fabricación de productos de aluminio, entre ellos tubos para riego, lámina, discos para fabricación de ollas y material para envases de dentífricos y medicamentos. Con estos productos el mercado natural de la empresa era el centroamericano.

Factores asociados a materiales sustitutos del aluminio en el mercado, a la crisis política y económica en Centroamérica y a factores administrativos internos provocaron que la empresa se paralizara en 1985.

En 1988 la empresa fue adquirida por Corporación Superior, y a partir de 1988 la empresa Venezolana CVG-ALCASA comenzó a participar como accionista con un 40%, en 1990 adquirió el 94% y posteriormente la totalidad. La nueva administración en 1988 eliminó las líneas de productos obsoletos y se propuso alcanzar otros mercados, pero al eliminar líneas de productos obsoletas, el uso de la capacidad instalada no superó el 30%.

En el año 1991 don Gerardo, que venía desde 1988 al frente de la Gerencia de Finanzas y Administración fue nombrado Gerente General, conjuntamente con el equipo gerencial, se dio el primer paso con el diseño de un Programa de Administración por Objetivos (APO) orientado a mejorar las condiciones competitivas. Este proceso tuvo inicialmente una visión de corto plazo, pero luego fue evolucionando y se concretó en una visión estratégica de la administración, que conllevó a un plan estratégico que definió

⁷ En Latinoamérica únicamente dos países producen aluminio primario, en Venezuela la Corporación Venezolana de Guayana, a través de sus subsidiarias CVG ALCASA y CVG Venalum. En Brasil hay varias empresas, entre ellas ALCOA do Brazil, ALCAN y CBA.

los productos con los que posicionarse y el sistema productivo adecuado para seguir altas normas de calidad y una racionalización de los costos.

Es así como nace una nueva estrategia para la empresa, sustentada en el apoyo financiero de la casa matriz⁸ y en un programa de entrenamiento que abarcó todos los niveles de la empresa, incluyendo a la Gerencia General, la misma que le daba especial énfasis al uso racional de la energía, ya que ésta se definió como un insumo crítico. Para el uso racional de la energía ALUNASA desarrolló un modelo que se encontraba íntimamente vinculado a toda la estrategia productiva que estaba asumiendo la compañía, ya que reducir el consumo de energía implicaba desde cambios puntuales en procesos, hasta reingeniería de su tecnología productiva. A este modelo fue al que se lo denominó como Uso Racional de la Energía (URE), el cual es parte del Sistema de Administración por Valores SAV y tenía el objetivo de reducir la intensidad energética de la producción de la empresa.

La nueva estrategia también redefinió los mercados que debía penetrar ALUNASA, abriéndose a toda América y a Europa. Los principales mercados de exportación se convirtieron en España, Alemania, Holanda, Inglaterra, Dinamarca, Bélgica, Estados Unidos, México, Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Costa Rica, Venezuela, Ecuador, Colombia, Argentina, Chile y algunos países del Caribe. En el **Anexo 3** se puede observar la distribución de ventas que ha alcanzado ALUNASA en los distintos mercados.

Productos

Los productos que definió la empresa se caracterizaron por ser de gran calidad y competitividad. ALUNASA producía hojas delgadas o foil de aluminio⁹ para usos industriales e institucionales, discos para la fabricación de ollas, flejes¹⁰ y láminas¹¹. El papel industrial era utilizado por los clientes de ALUNASA para la producción de papel en presentaciones, tanto para uso doméstico, como para uso institucional. El papel institucional, presentado en rollos y hojas interfoliadas era utilizado para envolver alimentos en hoteles, restaurantes, panaderías, etc., el mercado más importante es Norteamérica y el Caribe, El papel doméstico eran los pequeños rollos que se vendían a nivel detallista en Centroamérica. Los discos podían ser de diversos tamaños para la fabricación de utensilios de cocina, y se vendían en Centroamérica y Suramérica. Las láminas embobinadas eran bandas continuas de aluminio laminado que se usaban en techos, carrocerías, refrigeración, etc. Y el foil industrial para diversas aplicaciones industriales, particularmente en la industria del empaque flexible.

En el **Anexo 4** se destaca la composición de la producción de ALUNASA.

⁸ Sin el respaldo de la casa matriz para amortizar las pérdidas existentes, la empresa no hubiera podido desarrollar su filosofía gerencial

⁹ Comúnmente Papel de aluminio

¹⁰ círculos de aluminio

¹¹ Hojas de aluminio

Proceso productivo

El proceso productivo en ALUNASA involucraba cuatro grandes etapas (**Ver flujograma del proceso en Anexo 5**):

1. Fundición
2. Colado
3. Laminación, recocido, corte y separación
4. acabado y empaque.

Fundición

La materia prima estaba compuesta por los lingotes de aluminio, con aleación de aluminio hierro, prealeación de aluminio silicio, prealeación de cobre, y complementada la mezcla con material sobrante del proceso.

El proceso se iniciaba con la fundición de la materia prima, con adiciones de materiales fundentes, en un horno de reverbero alimentado por búnker¹², con una capacidad de 32 a 35 toneladas métricas TM y que alcanzaba una temperaturas que rondan los 700 grados centígrados.

Del horno de fundición el metal líquido pasaba al horno de espera o mantenimiento también alimentado por búnker, el mismo que tenía una capacidad de 15 a 18 TM y una temperatura similar al anterior. En este horno se llevaba a cabo la primera desgasificación con cloro gaseoso.

Colado

La etapa de colado se realizaba en una coladora continua que recibía de los hornos de fusión el flujo de aluminio líquido a una temperatura entre 686 y 668 grados centígrados. En este momento se tomaban muestras de metal líquido para corroborar la composición química.

En la coladora se agregaba prealeación de aluminio en forma de alambre con una composición química de titanio y boro con el objeto de refinar el grano. Seguidamente el flujo de metal líquido era tratado con un filtro especial de desgasificación adicional, utilizando gases inertes como nitrógeno o argón. En la coladora se daba la solidificación de la lámina primaria al pasar por dos rodillo intercambiadores de calor que eran enfriados por agua.

La banda de aluminio que resultaba de la coladora era pasada por los rodillos guías horizontales, los rodillos pinzadores, los rodillos guías verticales, llegando a la guillotina y continuando por la banda hasta el enrollador, donde se obtenían bobinas de unas seis toneladas. Todo este proceso funcionaba con energía con base en búnker

¹² Derivado del petróleo, combustible fósil, de menor calidad que la gasolina o el diesel.

Laminado, recocido y acabado

Las bobinas de aluminio eran laminadas en frío en la laminadora pesada y la laminadora liviana, que utilizaban aceite de laminación como refrigerante y para obtener un contacto adecuado entre los rodillos de la laminadora y el material. Durante este proceso el material se deformaba, acumulando gran tensión, debiendo ser recristalizado en hornos de recocido que utilizaban gas propano y electricidad a una temperatura de 575 grados centígrados. Estas reducciones en la laminadora pesada y en la laminadora liviana se hacían en formas sucesivas hasta alcanzar el espesor final. Antes del último recocido, el material era separado y cortado en los anchos que el cliente había especificado, las separadoras cortadoras operaban con electricidad.

Después del último recocido ya separado y cortado el material era llevado aún caliente a la zona de empaque en donde el material se dejaba enfriar para posteriormente ser embalado cuando era vendido como un bien industrial o se trasladaba a la línea de rebobinado para las presentaciones de papel doméstico, institucional y hojas interfoliadas.

Consumo energético

En el proceso productivo más de la mitad de la energía utilizada provenía del búnker (60%), siguiendo en orden la energía eléctrica (26%), el gas licuado (13%), el diesel (1%) y la gasolina, cuya participación es de menso del 1%. En el **Anexo 6** se muestra la composición del uso energético de ALUNASA.

El consumo de búnker se debía a la producción de calor en los hornos de fusión (86%) y de espera (14%). El gas LPG se usaba en la central térmica (10%) y el calentamiento en hornos de recocido (56%) y de fusión y espera (33%). El diesel por su parte se usaba en la flota automotriz. El uso de la energía eléctrica era más variado en diversos equipos como se muestra en el **Anexo 7**.

Aplicación del Modelo URE

Enfoque sistémico del Sector Energético

El modelo aplicado en ALUNASA partió del concepto de que la eficiencia energética era una labor de todos y no esfuerzos aislados de las empresas o del gobierno, ya que eran diversos los factores que podían incidir en un país por el uso inadecuado de la energía.

El sistema dentro del que operaba el modelo URE se componía por:

- Entorno Internacional: Entorno en el que el país compite, da pautas tecnológicas y fuentes de energía.
- Entorno Nacional:
 - Gobierno: Proporcionaba marco jurídico y otras directrices que influían en la toma de decisiones de otros sectores.

- Instituciones relacionadas con la eficiencia energética URE. Habían instituciones públicas y privadas que influían en el desarrollo de las políticas asociadas al Modelo URE. Las había tanto de carácter nacional como internacional. Este conjunto de relaciones creaba un marco operativo que muchas veces favorecía o entorpecía el desarrollo de programas de URE.
- Suplidores: Eran las empresas que suministraban la energía primaria o secundaria. Se destacan ICE y RECOPE.
- Consumidores: Eran todos los usuarios de la energía final.

Las empresas dentro del grupo de consumidores operaban como un subsistema, ya que el uso de la energía era parte de la estrategia de la empresa. El uso eficiente de la energía sólo podía ser alcanzado a través de la operación exitosa de la empresa en todas sus actividades. De esta manera, el proyecto de búsqueda de eficiencia energética en ALUNASA se implementó a través del modelo URE, que implicó reingeniería en procesos productivos, cambios puntuales en algunos procesos, así como cambios continuos que habrían de llevarse a lo largo de la operación de la empresa.

Para el modelo URE se desarrolló una metodología compuesta de los siguientes pasos:

- Formulación de una estrategia competitiva.
- Elaboración de un plan estratégico.
- Desarrollo de una cultura de uso racional de energía.
- Realización de auditorías energéticas. Contempladas en la Ley 7447, además existe la norma INTE 19-4-01-94 para las empresas que no están obligadas a regir por esa ley, y que sirve de guía.
- Prácticas de Benchmarking con empresas exitosas.
- Normalización, metrología, prueba y calidad (MNPC).
- Realización de una segunda auditoría energética.
- Identificación de áreas de oportunidad de eficiencia en uso de energía.
- Evaluación integral de proyectos.
- Cronograma de implementación y definición de responsables.
- Implementación de acciones, relacionadas con las tecnologías de procesos, equipo y operaciones.
- Control gerencial y revisión de la estrategia, el cual es un proceso de retroalimentación de aprendizaje de sí misma y de adaptación a posibles nuevas circunstancias.

En los propósitos de la empresa se recalcó que el modelo URE debía tener una relación directa con la función de calidad, entendida como un conjunto de actividades a través de las cuales se lograría alcanzar la calidad del producto, los procesos y el servicio.

Desarrollo del Modelo URE

1) Formulación de una Estrategia

El equipo gerencial de la empresa ya entrenado, fue madurando. La Administración por Objetivos se había transformado en un sistema de Administración por Valores, que había calado en la cultura organizacional. Se trabajaba en la consecución de la certificación ISO 9002 e ISO 14001. Se había invertido mucho en entrenamiento, mejoras operativas y calidad, y el sacrificio de todos había sido intenso - pensaba el gerente. Pero faltaba llevar a cabo una reconversión industrial, pues las posibilidades tecnológicas se agotaban, necesitaba la aprobación de la Junta Directiva para invertir en ese nuevo y necesario proyecto. Los logros alcanzados con el modelo URE, eran el medio para probar que la mejora continua había funcionado, que el equipo era capaz y que los resultados eran cuantificables. Por otro lado, las finanzas de la empresa eran sanas y aun cuando los accionistas no habían retirado dividendos, el Gerente decía a quien llamaba sus colegas gerentes, “necesitamos este empujón”. Esta inversión permitiría además aplicar al régimen de Zona Franca.

La estrategia había ido evolucionando hacia la diferenciación, orientada a la fabricación de especialidades para competir en el mercado global de altas exigencias de calidad¹³.

Con esta estrategia escogida, se ajustaron las ideas rectoras de la organización, todos orientados a asegurar la calidad en el desempeño de la empresa. (**Anexo 8**)

Una vez identificados los mercados en los que incursionarían los productos de ALUNASA, escogidos de acuerdo a las exigencias de calidad, el siguiente paso fue volver a identificar los recursos críticos de la empresa, de manera que pudieran ser racionalizados y así minimizar los costos de producción. En este ámbito los recursos energéticos volvieron a aparecer como insumo crítico y debido a su alto costo en Costa Rica, se adoptó el Modelo URE, como parte medular de la estrategia de la empresa.

2) Componentes del Plan Estratégico

Propiamente, el plan estratégico daba cuerpo a las acciones que condujeran hacia alcanzar los objetivos trazados por la nueva estrategia de la empresa. El plan contenía metas y objetivos de corto y largo plazo. Se destacaba la definición de los responsables específicos de la ejecución de cada una de las acciones planteadas.

El proceso de planeamiento fue desde las unidades operativas hasta las jefaturas, proponiendo las acciones requeridas para lograr lo propuesto en la estrategia. Las acciones concretas se programaron y presupuestaron en el plan estratégico, para lo cual se agruparon en:

- Liderazgo y planificación estratégica.
- Innovación tecnológica.
- Sistemas y procesos de calidad.

¹³ Gerardo Porras, 1999, p.150.

- Recurso humanos.
- Satisfacción al Cliente.
- Gestión Ambiental.

En el uso racional de la energía se involucraba la mayor cantidad de actividades de la empresa, por lo que a través de su búsqueda se realizaron las acciones requeridas en diversas unidades de la misma. Se buscó dar al tema de la energía un enfoque integral con evaluaciones completas sobre el ciclo productivo de ALUNASA.

3) Desarrollo de una cultura de Uso Racional de la Energía

En 1991, don Gerardo se encontraba con un personal desmotivado por la baja calidad del producto y por los despidos a los que se exponían por la falta de solidez de la empresa. Todo esto ocasionaba una alta resistencia al cambio y ausencia de trabajo en equipo. Por lo tanto, para los fines estratégicos de la empresa era urgente desarrollar una cultura basada en el trabajo en equipo. El entrenamiento en todos los niveles de la organización fue vital y así se han marcado varias etapas en la evolución del planeamiento estratégico, para 1995 el énfasis era el mejoramiento continuo, por lo que se determinó que el uso racional de la energía debía seguir siendo una prioridad para todos. Para ello se contó con asesoría profesional en el área de ingeniería industrial y en general en todas las áreas técnicas. Se empezó así a introducir la cultura de uso racional de la energía dentro de ALUNASA, como parte del plan estratégico. Se introdujeron conceptos de trabajo en equipo, negociación participativa y manejo de la escasez.

El trabajo en equipo se guió con el establecimiento de un tipo de liderazgo participativo, conformado por jefaturas, las mismas que se reunían frecuentemente para revisar el avance del plan estratégico y determinar así los ajustes necesarios. Se utilizó un proceso de negociación y persuasión para seleccionar objetivos y metas y lograr de esta manera, la identificación del personal con los mismos. Se puso especial énfasis en la escasez de los recursos y la necesidad de volverse más productivos. En este sentido el uso racional de la energía tenía una marcada importancia, y la concientización sobre su necesidad surgió de la experiencia grupal.

Se complementó el desarrollo de esta cultura de mejora continua y uso racional de la energía con otros incentivos para el personal, tales como, mejoras salariales, premios e iniciativas desarrolladas por equipos de trabajadores, estímulo a las actividades deportivas, celebración de cumpleaños, almuerzos gratuitos para celebrar triunfos o reconocimientos de la empresa, equipos de seguridad ocupacional de alta calidad, uniformes y un comedor subsidiado.

Dentro de esta nueva cultura se desarrolló la responsabilidad social de la empresa, con lo que se incentivó a los trabajadores a tener mayor interacción con la comunidad, para que todos tuvieran conocimiento real de las necesidades de desarrollo y de protección del ambiente. En este sentido al uso racional de la energía se concibió como una necesidad que la sociedad tenía, y en la que la empresa tenía una gran responsabilidad.

4) Práctica de benchmarking con empresas exitosas

El benchmarking se realizó en empresas destacadas por el alto consumo de energéticos en sus líneas de producción. Se analizó el caso de VICESA, FIRESTONE y COOPEMONTCECILLOS.

VICESA, la Vidriera Centroamericana S.A. tenía una producción de más de 1.100 tipos de artículos de vidrio, el 60 % de la producción era exportada a Centroamérica, Panamá, Estados Unidos y la Cuenca del Caribe. El resto lo exportaba a Europa. FIRESTONE se dedicaba a la producción de llantas para vehículos. Exportaba a Estados Unidos y a América Latina. COOPEMONTCECILLOS era la Cooperativa Matadero Nacional de Montecillos R.L. Se dedicaba al sacrificio de ganado, pescado y aves para la elaboración embutidos, curtidors, jabonería y gelatinas. Igualmente estaba orientada a los mercados de Estados Unidos y América Latina.

La metodología para realizar el benchmarking se basó, por un lado, en entrevistas con el personal ejecutivo, personal de calidad y personal de mantenimiento. Por otro lado, se revisaron los reportes al Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), que fueron suministrados por ellos. En el **Anexo 9** se muestran los resultados. Las empresas VICESA y FIRESTONE habían aplicado cada una de las etapas del modelo URE, mientras que en COOPEMONTCECILLOS la aplicación fue parcial.

5) Sistema de Calidad, Metrología, Normalización, Pruebas y Calidad

Hasta 1993 no se había aplicado en ALUNASA un programa integral de metrología. Se trabajaba con las normas de Aluminium Association (AA) y de la American Society for Testing and Materials (ASTM)¹⁴. Asimismo, no existían documentos que indicaran la forma de realizar los procesos y las pruebas. Los equipos de laboratorio estaban entrando en obsolescencia, ya que tenía más de 15 años de haber sido fabricados.

En 1992 se despertó en la gerencia un interés por desarrollar un sistema de aseguramiento de calidad basado en ISO-9000. Desde 1993 se comenzó a producir artículos especializados con mayores exigencias de calidad, fueron productos catalogados de clase mundial¹⁵.

Se institucionalizó el sistema de aseguramiento de la calidad en 1994, cuando se creó la Gerencia de Calidad. Se dotó a la nueva unidad de recursos humanos y técnicos especializados en metrología y normalización. La visión era lograr que cada empleado de ALUNASA en forma automática asegure la calidad de los procesos, productos y servicios.

En 1998 se terminó el Manual de Calidad y la documentación que permitió la iniciación de un programa de auditorías internas, con el fin de evaluar el grado de implementación de la documentación desarrollada.

¹⁴ Para mayor información consultar las páginas <http://www.astm.org> y <http://www.aluminum.org>

¹⁵ Entiéndase por calidad mundial a productos que se apegan a las normas de calidad exigidas en los mercados mundiales.

6) Realización de Auditorías Energéticas

En 1992 se contrató al Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial (ICAITI) para que realizara la primera auditoría energética en ALUNASA, que sirviera como punto de partida para la identificación de áreas de oportunidad, de mejora y de ahorro, y que a la vez sirviera como base para poder institucionalizarse dentro del plan estratégico.

En 1995, se contrató al Programa Regional de Ahorros Energéticos y Protección al Medio Ambiente (CURECA) para que realizara otra auditoría energética específica en el horno de fundición de aluminio. También se realizó un contrato con PROENERGIA S.A., con el fin de realizar un balance térmico a los hornos de fusión y retención y un plan de conservación de energía, que fue entregado en 1997.

Las áreas de oportunidad identificadas con las auditorías se encuentran listadas en el **Anexo 10**.

7) Evaluación Integral de Proyectos

Una vez conocidas las diversas áreas de oportunidad en las que se podía trabajar para disminuir el consumo de energía, se eligió entre ellas realizando una evaluación integral de los proyectos propuestos. Se trabajó paralelamente en la selección de proveedores de ingeniería que modificaran los equipos existentes, y suplidores de tecnología de conservación de energía. A cada uno de los diversos proyectos se les realizó una evaluación técnica, financiera y económica, en la cual se incorporó el impacto ambiental y la seguridad ocupacional.

Una vez demostrada la viabilidad de los proyectos se establecieron prioridades de ejecución, considerando la capacidad de financiamiento de la inversión y el nivel de dificultad de la implementación.

8) Cronograma de Implementación y Definición de Responsables

Evaluado el proyecto y obtenida la aprobación presupuestaria se identificaron y definieron las fuentes de financiamiento requerido. Luego se definieron los cronogramas de ejecución, identificando así la ruta crítica. Adicionalmente, se definió la persona sobre la cual recaería la responsabilidad de la correcta ejecución de cada acción preestablecida.

9) Implementación de acciones definidas

En algunos casos los proyectos consistieron en reingenierías, en otros consistieron en mejoras continuas y en otros mejoras puntuales. Algunos proyectos estuvieron relacionados con la tecnología de procesos, en estos casos no se tuvo que hacer la inversión en equipo, pero sí se debió dar entrenamiento y control para mantener los tiempos de ejecución de tareas. El Proyecto URE se dividió en dos etapas, la etapa I se refirió a todas las primeras acciones que al momento de definirse eran de más corto plazo y necesarias de impulsar para obtener los resultados esperados. La etapa II se ajustó de acuerdo con los resultados de la etapa I y eran todas aquellas acciones no tan prioritarias,

que permitían ser postergadas o que dependían de los resultados de las acciones realizadas en la etapa I, lo que se muestra en el **Anexo 11**.

10) Control Gerencial

El control gerencial se realizó con la evaluación periódica del avance en el camino a la consecución de los objetivos y metas del plan estratégico. El procedimiento consistía en que cada Gerente Funcional preparaba un informe de su gestión a la Gerencia General, y esta a su vez preparaba un informe a la Junta Directiva. Se realizaba posteriormente una comparación del presupuesto contra su ejecución, acompañado de un análisis de variaciones del nivel de ingresos, costos y gastos, incluyendo además los hechos o acontecimientos más relevantes de cada gerencia.

Resultados de la aplicación del Modelo URE

En su conjunto la serie de proyectos implementados produjeron una reducción del consumo energético año con año, de acuerdo a lo que se muestra en el Cuadro A.

Cuadro A Consumo de Energéticos 1993- 1998							
Energético	Unidad	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Bunker	TJ	95,96	97,95	72,25	84,88	76,67	67,06
Gas licuado	TJ	16,87	14,09	18,26	23,33	30,35	30,50
Electricidad	TJ	36,21	35,99	39,38	43,24	48,00	48,92
Gasolina	TJ	0,12	0,08	0,05	0,06	0,08	0,09
Diesel	TJ	2,15	2,18	2,35	2,55	2,62	3,04
Totales	TJ	151,31	150,29	132,30	154,05	151,71	149,61

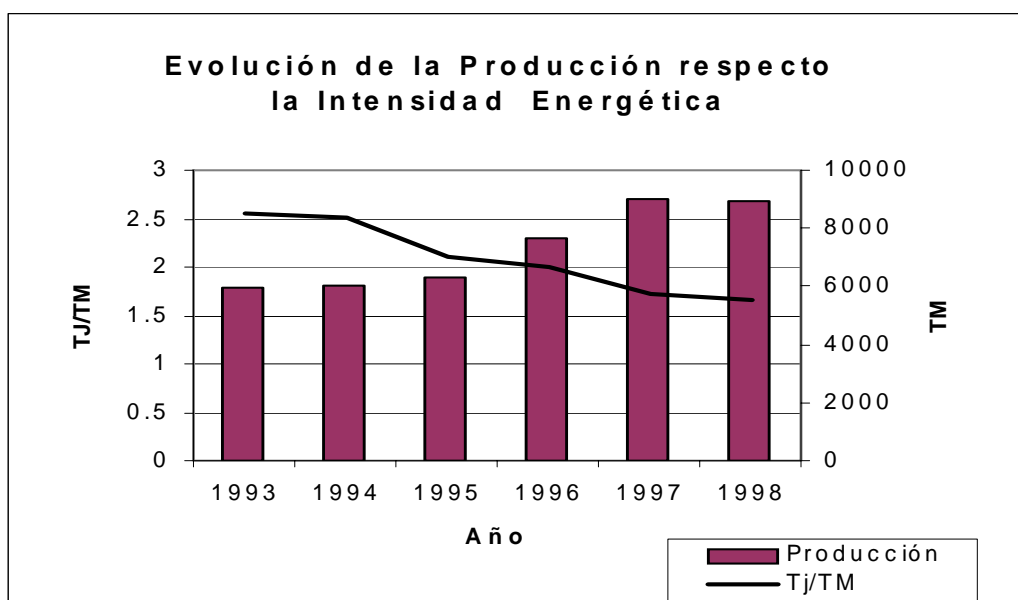
Fuente: Gerardo Porras, 1999

Para poder conocer el impacto del mejoramiento en la eficiencia energética se recurrió al indicador de intensidad energética, que mide el consumo de energía con relación a la producción. En el Cuadro B se muestra dicha relación. Cuando comenzó el Programa URE en 1993 la intensidad energética de TJ/TM¹⁶ era de 2,55, en los siguientes años la relación fue disminuyendo hasta alcanzar 1,67, lo que demostró los resultados positivos del programa y la eficiencia energética lograda. Igualmente, se pudo comprobar la eficiencia lograda al observarse que el consumo energético de 1998 representaba un 65,5% de la energía que se consumía en 1993.

¹⁶ Terajule por Tonelada Métrica

Cuadro B						
Energéticos Consumidos y su relación con la Producción						
1993-1998						
Periodo	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Producción (TM)	5.936	5.994	6.283	7.670	8.773	8.952
Energéticos (TJ)	151,31	150,29	132,30	154,05	151,71	149,61
Intensidad Energética (TJ/TM)	2,55	2,51	2,11	2,01	1,73	1,67
Porcentaje respecto a 1993	100%	98,4	82,4%	78,4%	67,8%	65,5%

Fuente: ALUNASA



En el cuadro C se muestran los resultados generados por el Modelo URE. Se hizo una comparación de los gastos de inversión que implicó el proyecto URE y los ahorros obtenidos (**Anexo 12**). En los primeros dos años la inversión superó el ahorro, pero desde 1995 el ahorro fue mayor que los gastos de inversión. Considerando una tasa de descuento del 10% se obtuvo que el valor actual neto a 1993 fue de \$1.049.151,4 para tan solo 5 años de aplicación del Modelo URE.

Cuadro C						
Flujo Neto del Modelo URE						
(EN US\$)						
Periodo	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Inversión	16.262	112.014	50.891	211.452	283.373	750
Ahorro		25.876	289.750	430.954	685.311	817.073
Flujo Neto	(16.262)	(86.138)	238.859	219.502	401.938	816.323

Fuente: ALUNASA

En el gráfico se observa la evolución creciente de la producción de la empresa y la reducción en la intensidad de uso de la energía a través del periodo evaluado entre 1993 y 1998. Pese a que la producción creció a través del tiempo, la intensidad en el uso de la energía cayó, lo que señala el éxito de la estrategia en cuanto a racionalizar el uso de un recurso crítico, como la energía, en el proceso productivo de ALUNASA.

ALUNASA de cara al futuro

El Ing. Porras había podido comprobar la eficacia del Modelo URE en todas sus fases, debido a la correcta implementación que tuvo al utilizarse el modelo completo ideado en 1995 con bases estratégicas. Don Gerardo suponía que al mostrar los resultados obtenidos con la aplicación del modelo, aquellos grupos que apuntaron a que ALUNASA jamás lograría ser competitiva, se darían cuenta del potencial que había desarrollado la empresa en los últimos años.

Varios reconocimientos a ALUNASA se derivaron del desarrollo y aplicación del Modelo URE. En 1996 la Cámara de Industrias de Costa Rica premió a ALUNASA en la categoría del Mayor Esfuerzo Innovador Industrial, en 1997 obtuvo del MINAE un Reconocimiento Público Especial por los esfuerzos realizados en pro de la Conservación de Energía y la Eficiencia Energética. En 1998 fue galardonado con la Bandera Ecológica “A” por sus acciones en pro del medio ambiente y los recursos naturales. Así mismo se le ha otorgado el Premio Excelencia de la Cámara de Industrias (1988/1999/2000) en varias categorías en donde ha destacado. En 1998 y 2000 el MINAE vuelve a dedicarle una Mención de Honor por sus acciones en cuanto a la conservación de Energía y la Eficiencia Energética.

El camino que le quedaba a don Gerardo era hacer público este Modelo expandiendo su uso a todo el país, de manera que sean muchas las empresas que pudieran beneficiarse de esta exitosa experiencia

Anexo 1

Los Desastres de CODESA: ALUNASA

Publicado en Al Día, 13 de mayo de 1999

Por Otto Guevara Guth¹⁷

Las empresas de CODESA nos recuerdan lo fácil que es para el Estado meterse en aventuras que terminan pasándonos grandes facturas a todos. ALUNASA demostró cómo las ideas poco planificadas del Estado empresario sólo producen costosos desastres.

Sin un estudio serio, pues la decisión ya estaba tomada, se contrató a una firma italiana que propuso instalar una planta que procesara aluminio. Cuando conocedores de la materia opinaron que el proyecto era muy grande para el mercado potencial, CODESA pidió reducir la capacidad a 10.000 toneladas anuales; pero un estudio posterior concluyó que la capacidad real era de 36.000 toneladas, más del triple que la planeada. Al final, sólo se usó un 5% de la capacidad. Al parecer, CODESA compró una planta para la cual los italianos tenían un cliente que cambió de parecer.

De seis tipos de artículos que se iban a fabricar, tres no se desarrollaron porque el PVC desplazó al aluminio en cuanto a costo y versatilidad; del cuarto se produjo poco, y fue imposible vender el quinto a precios competitivos en el mercado internacional. Lo único rentable que la planta podía producir, era el papel aluminio. Así es como partes de la planta fueron muy subutilizadas, o no utilizadas del todo. El proyecto final tenía un punto de equilibrio que requería una mínima producción anual de unas 13.000 toneladas, pero nunca se produjeron ni siquiera 3.000.

La planta se situó en Esparza, sin que se justificara lo estratégico de estar cerca del puerto de Caldera. Al contrario, nunca se importó o exportó materia prima o producto terminado por Caldera. Todo se transportó en furgones vía el puerto de Limón. La materia prima provendría tanto de importaciones de aluminio como del reciclaje de productos de desecho. Pero, aunque se esperaba utilizar aluminio reciclado, no fue así, porque en el país no existía una infraestructura adecuada para la recolección de la chatarra. Por eso, toda la materia prima debió ser importada. La falta de materia prima, por el poco capital de trabajo y otras razones, llevó a la fábrica a operar a niveles aún más bajos de lo programado, e incluso a frecuentes paros de labores. Esto llevaba a ALUNASA al incumplimiento de sus contratos. La queja más común entre sus clientes era la inseguridad en las entregas, las cuales en muchos casos se retrasaban hasta 90 días.

¹⁷ Otto Guevara es un reconocido dirigente del Partido Libertario, el cual es una pequeña agrupación que propugna, entre otras cosas, por la libertad de empresa y la menor intervención estatal en la economía.

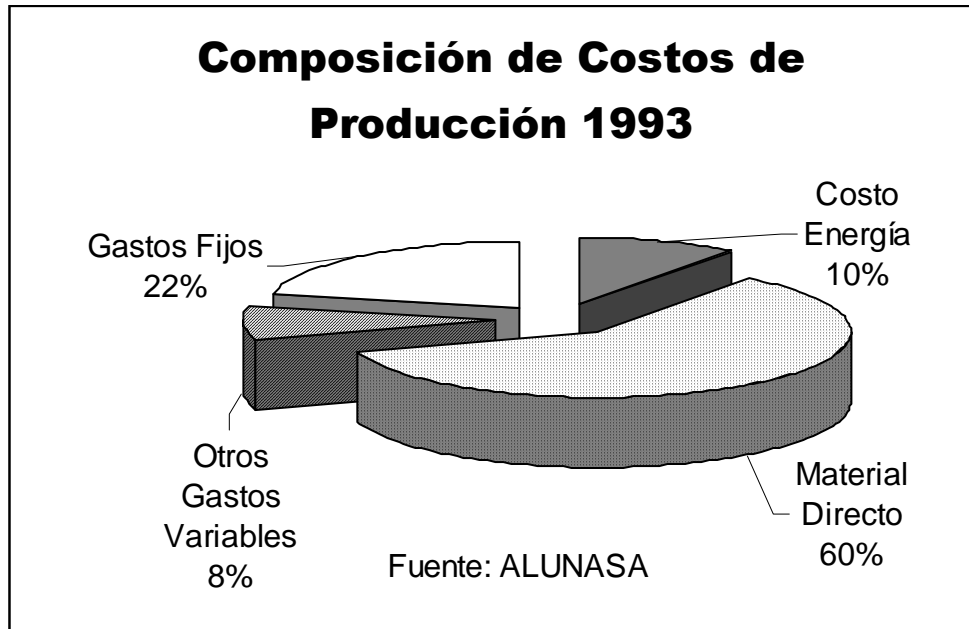
Anexo 1 Continuación...

En vez de identificar las necesidades de un mercado, y luego determinar el tamaño de la fábrica y lo que debe producirse, en ALUNASA parece que el objetivo fue instalar una planta, sin estudiar el mercado. O sea, se eligió una tecnología que no tenía nada que ver con las necesidades del mercado. Por eso, gran parte del equipo era inadecuado y otra parte ni siquiera utilizable. Además, la exportación se hizo prácticamente imposible porque la demanda insatisfecha de muchos países la abastecían proveedores externos, a precios y calidades no competitivas para ALUNASA.

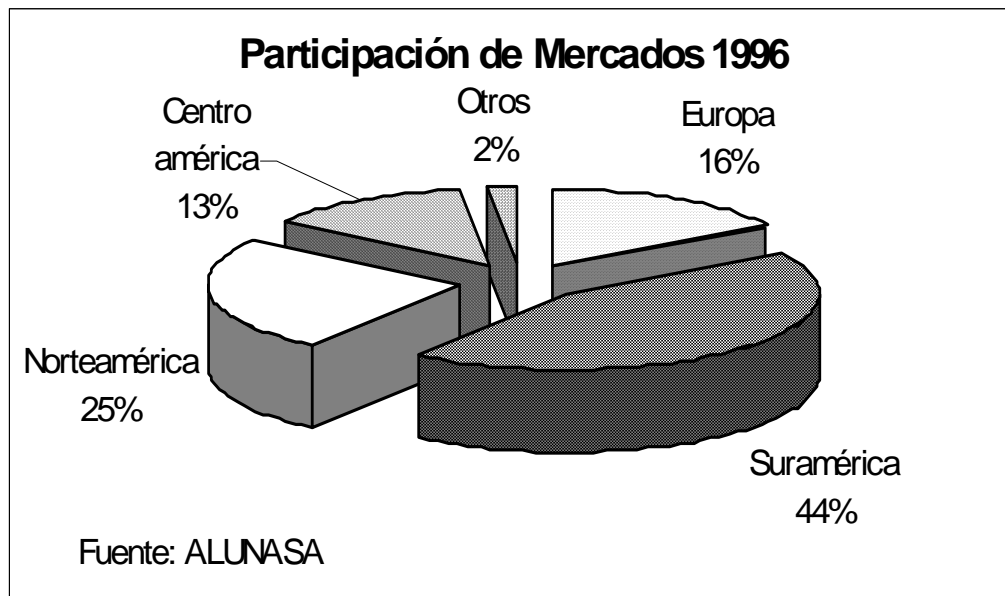
La inversión por empleo en ALUNASA fue de casi 5 veces el promedio del país. Cuando se decidió venderla, su venta se prolongó, y con poca materia prima casi no hubo producción y se tuvo que cargar con los gastos fijos y con una planilla llena de obreros técnicos especializados y caros, porque era inconcebible entregar la planta a su comprador sin el personal calificado.

ALUNASA le costó al país US\$ 165.4 millones, incluyendo pérdidas acumuladas, inversiones y su costo de oportunidad. Ese fue el costo de sólo uno de los fracasos del Estado empresario. Pero la factura no la pagaron esos aprendices de empresarios que nunca aprenden. La factura, como siempre, la pagamos todos los costarricenses.

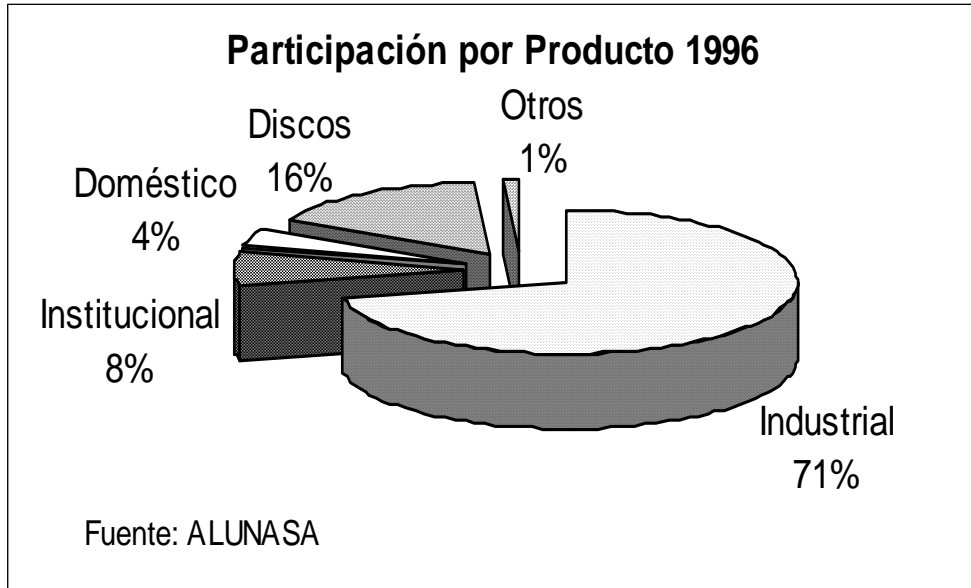
Anexo 2



Anexo 3

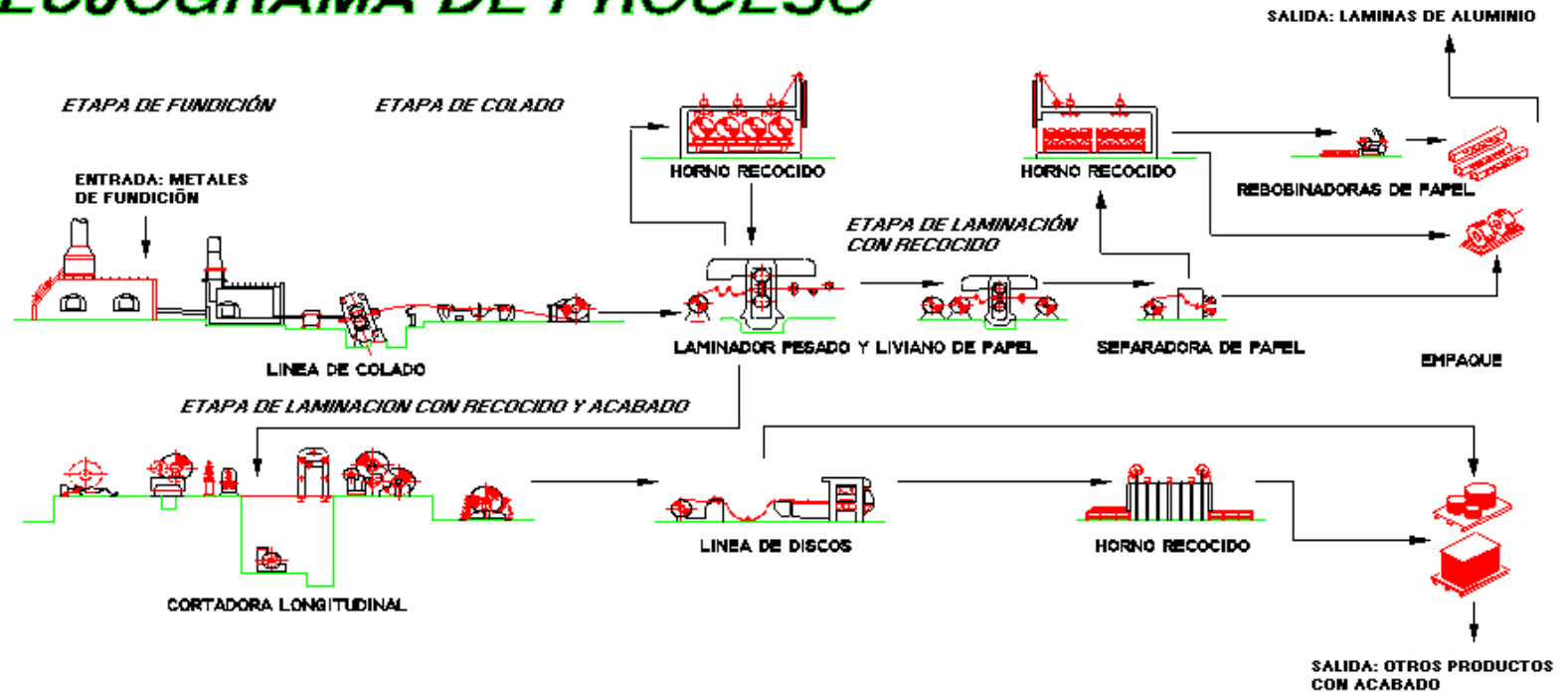


Anexo 4

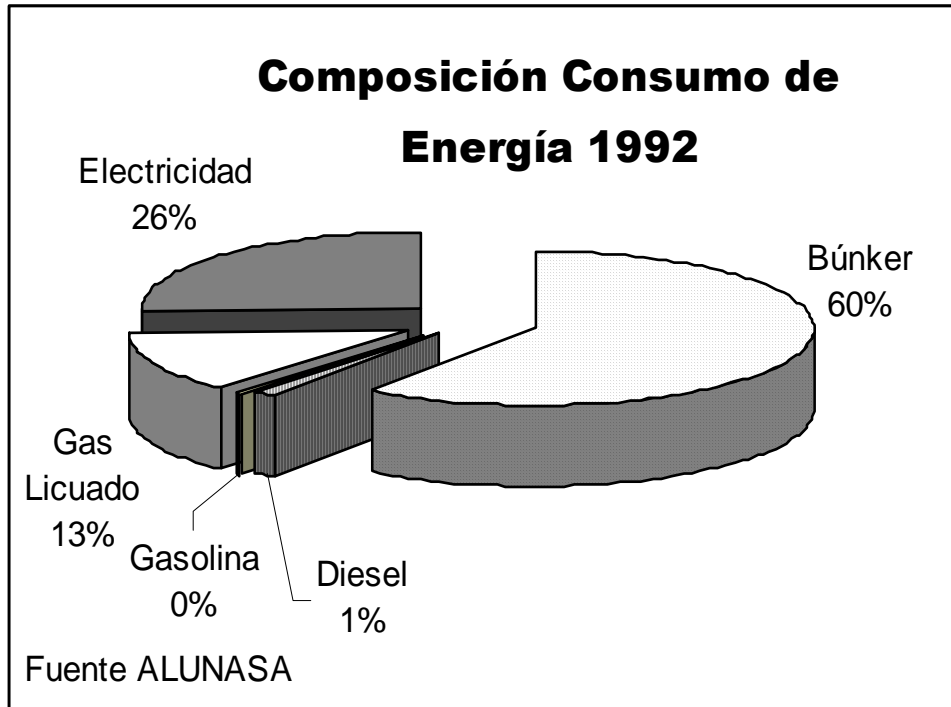


Anexo 5

FLUJOGRAMA DE PROCESO



Anexo 6



Anexo 7

ALUNASA	
Perfil de Consumo Eléctrico, 1996	
Equipo	Porcentaje
Hornos de fusión y espera	2,41
Coladora continua	1,15
Laminadora pesada	25,36
Laminadora liviana	24,29
Horno de recocido lámina A	1,58
Horno de recocido de lámina B	1,77
Horno de recocido de papel A	6,19
Horno de recocido papel B	6,41
Horno de recocido de discos	1,43
Separadora de papel A	0,87
Separadora de papel B	0,30
Rectificadora de rodillos	0,01
Aires acondicionados	2,08
Bombas de agua potable y trasiego	0,97
Bombas de suministro a la planta y recirculación	5,20
Aire comprimido	5,52
Iluminación	5,06
Calentador de búnker	1,65
Otros	7,75
Total	100,00
Fuente: ALUNASA	

Anexo 8

Ideas Rectoras de ALUNASA¹⁸

Visión

Consolidarse en mercado internacional de foil como una empresa autónoma, autosuficiente y competitiva en calidad, precio y servicio.

Misión

ALUNASA está comprometida a fabricar y comercializar productos de aluminio y afines, de acuerdo a especificaciones acordadas con los clientes, procurando el mejor retorno sobre la inversión, la felicidad del personal, la proyección a la comunidad y la preservación del medio ambiente.

Valores

Se destaca que ALUNASA impulsa como valores el Servicio al Cliente, la Mejora Continua, la Felicidad del Personal y la Protección al Medio Ambiente.

¹⁸ Fuente: ALUNASA

Anexo 9

Matriz de Bechmarking con otras empresas				
Etapa el Modelo	ALUNAS A	VICES A	FIRESTON E	COOPEM ON.
1. Formulación de la estrategia	√	√	√	√
2. Elaboración de un plan estratégico	√	√	√	◇
3. Desarrollo de una cultura URE	√	√	√	◇
4. Prácticas de benchmarking de empresas exitosas	√	√	√	◇
5. Realización de auditorias energéticas	√	√	√	√
6. Normalización, metrología, pruebas y calidad	√	√	√	◇
7. Identificación de áreas de oportunidad de la eficientización en el uso de energéticos	√	√	√	√
8. Evaluación integral de proyectos	√	√	√	◇
9. Cronograma de implementación y definición de responsables	√	√	√	√
10. Implementación de acciones relacionadas con las tecnologías de procesos, equipo y operaciones	√	√	√	√
11. Control Gerencial	√	√	√	◇
12. Revisión de la estrategia	√	√	√	√
√ Explícito ◇ Implícito				
Fuente: Gerardo Porras, 1999				

Anexo 10

Acciones Propuestas para Disminuir el Consumo de Energía

Aditivación de Búnker
Mejoramiento de la eficiencia técnica y de combustión de hornos de fusión A1 y de espera A2
Cambio de aceite convencional por aceite de baja fricción en coladora continua
Prensa compactadora de chatarra
Programa de mantenimiento productivo
Equipo de medición de variables eléctricas
Cambio de motores de alto rendimiento, compresores y prensa compactadora de recirculantes de la lámina liviana
Redistribución del alumbrado interno de la nave industrial
Optimización de carga de los hornos
Recocidos Parciales
Redistribución del Alumbrado de 1era nave industrial
Control proporcional de presión de la cámara del horno de fusión
Monitoreo de la combustión
Precalentar aire de combustión en los hornos de fusión y espera
Instalación de quemadores pulsantes en los hornos B2/B7
Control del horno de recocido de discos
Programa de mantenimiento preventivo programado
Automatizar la puerta de calentamiento de lingotes
Equipo de medición de energía
Corrección del factor de potencia en CD
Reemplazo de aceite a reductores principales del laminador pesado

Anexo 11

Proyecto URE I Parte					
Proyecto	Costo en \$				
	1993	1994	1995	1996	
Aditivación de Búnker	4247	4247	4247	4247	√
1a Auditoria Energética ICAITI	3015				MP
Mejoramiento de la eficiencia técnica y de combustión de hornos de fusión A1 y de espera A2		96788		96788	R
2a Auditoria CURECA			1665		√
3a Auditoria Energética ICAITI				993	√
Cambio de aceite convencional por aceite de baja fricción en coladora continua				6690	MP
Prensa compactadora de chatarra				93734	MC
Programa de mantenimiento productivo	9000	9000	9000	9000	MC
Equipo de medición de variables eléctricas			19000		MC
Cambio de motores de alto rendimiento, compresores y prensa compactadora de recirculantes de la lámina liviana			15000		MC
Redistribución del alumbrado interno de la nave industrial		1979	1979		MP
Optimización de carga de los hornos				0	MC
Recocidos Parciales			0	0	MC
Total	16262	112014	50891	211452	
√ Ejecutado MC: Mejora continua MP: Mejora puntual R: Reingeniería					
Fuente: Gerardo Porras, 1999					

Proyecto URE II Parte			
Proyecto	Costo en \$		
	1997	1998	
Redistribución del Alumbrado de 1 nave industrial	4000		MC
Control proporcional de presión de la cámara del horno de fusión	2500		MP
Monitoreo de la combustión	4000		MC
Precalear aire de combustión en los hornos de fusión y espera			R
Instalación de quemadores pulsantes en los hornos B2/B7			R
Control del horno de recocido de discos	10123		MP
Programa de mantenimiento preventivo programado	750	750	MC
Automatizar la puerta de calentamiento de lingotes	100000		MP
Equipo de medición de energía	6000		MC
Corrección del factor de potencia en CD	56000		MC
Reemplazo de aceite a reductores principales del laminador pesado	100000		MC
Total	283373	750	
√ Ejecutado MC: Mejora continua MP: Mejora puntual R: Reingeniería			
Fuente: Gerardo Porras, 1999			

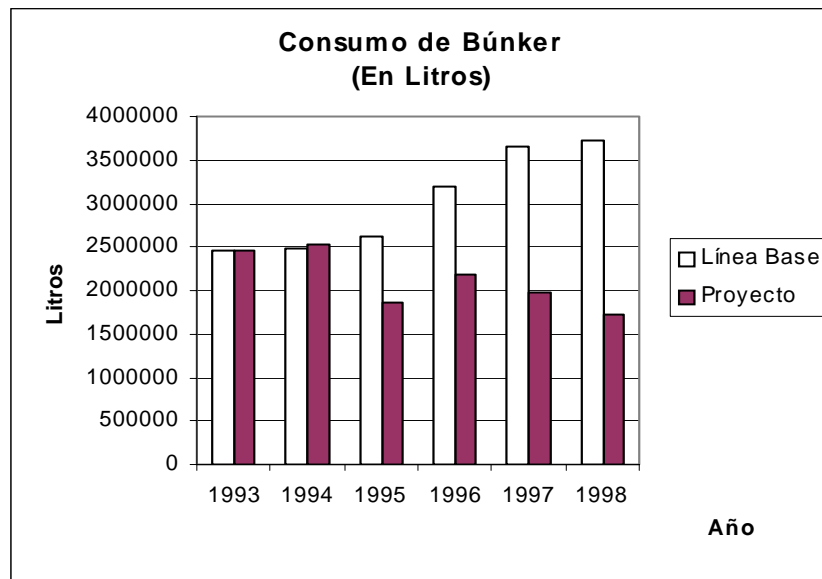
Anexo 12

Resultados obtenidos de la aplicación del Modelo URE

Los resultados con la aplicación del Modelo URE han generado beneficios para la empresa y en el consumo de prácticamente todos los energéticos el resultado ha sido una disminución.

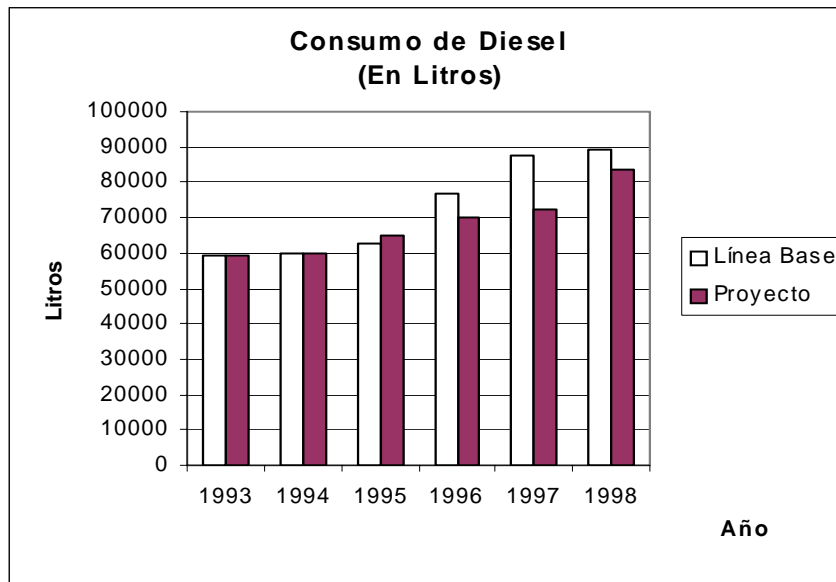
Para hacer la comparación se traza como línea base los niveles de consumo de 1993, específicamente se supone que en caso de no haber aplicado el Modelo URE se mantendría la intensidad energética de la empresa por unidad producida de 1993.

Los cambios en el consumo de búnker han sido los más significativos. Como se observa en el gráfico, en caso de haberse mantenido la intensidad de 1993 en el uso de este energético, la línea base del consumo sería creciente a través del tiempo, debido a que la empresa ha mantenido un crecimiento de su producción. Sin embargo, con la aplicación de URE, el consumo del búnker comenzó a disminuir de manera apreciable a partir del año 1995, después de un ligero aumento respecto a la línea base un año antes. El ahorro neto en los 5 años analizados fue de 5.403.189 litros de Búnker.

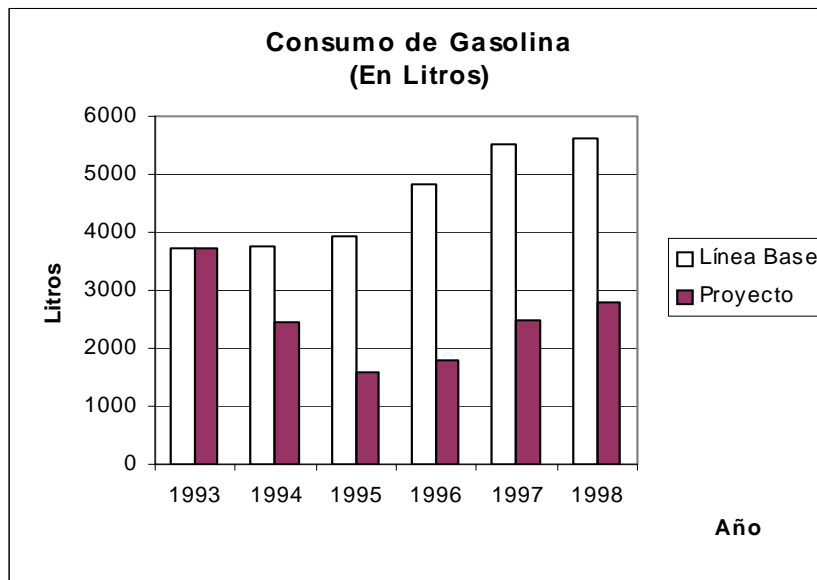


Con respecto al diesel el ahorro neto acumulado en los 5 años de aplicación del URE fue de 25.276 litros. Tanto en 1994 como en 1995 el consumo superó ligeramente lo previsto con la línea base (ver siguiente gráfico). Pero en 1996 el consumo experimentó una baja respecto a la línea base, manteniéndose por debajo en los dos años siguientes.

Anexo 12 Continuación...



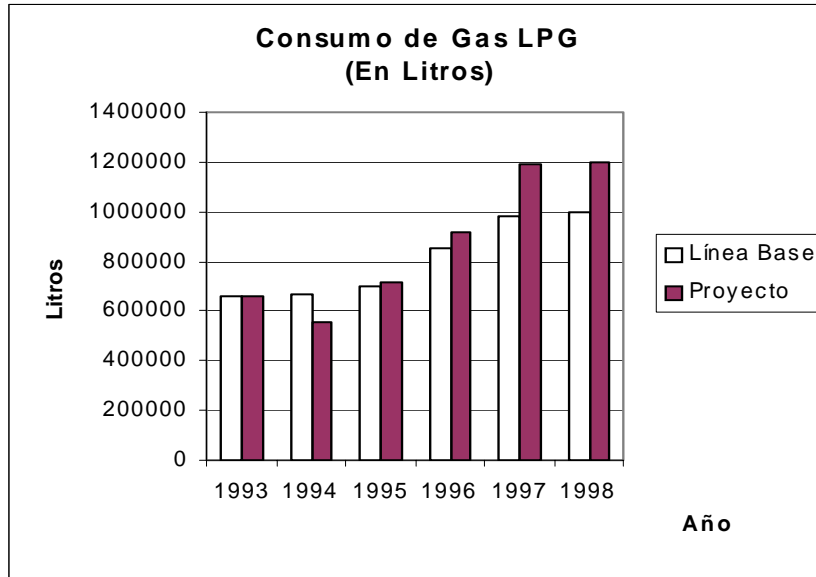
Como se ve en el siguiente gráfico, la gasolina experimentó una disminución pronunciada respecto a la línea base desde el primer año de ejecución del URE. El ahorro acumulado fue de 12.564 litros en estos 5 años.



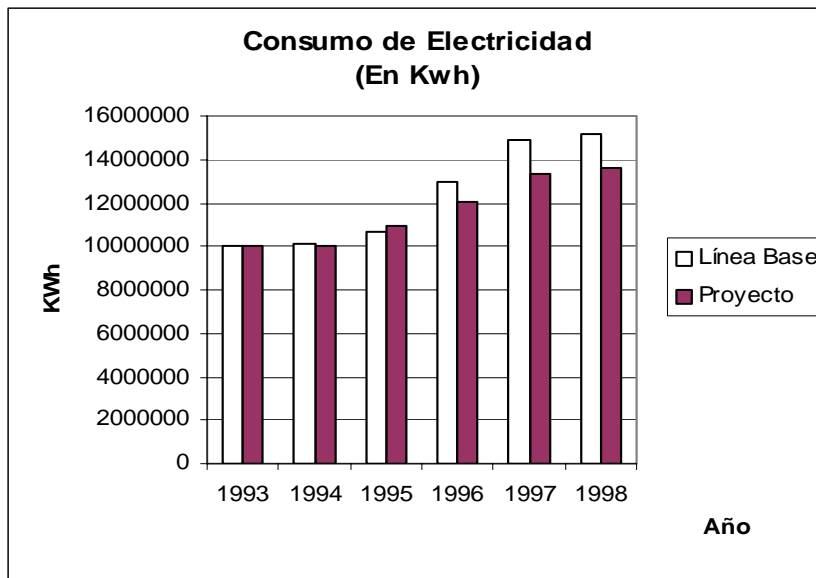
El gas LPG ha sido el energético que no disminuyó con el plan URE. La razón principal es que ha habido un efecto sustitución de la electricidad por gas LPG en varios procesos de generación de calor, ya que resultaba 7,72 veces más económico. En el gráfico se observa que sólo en 1994 hubo un ligero ahorro respecto a la línea base, pero en lo sucesivo siempre el consumo estuvo sobre la línea base, lo que implica un incremento en

Anexo 12 Continuación ...

la intensidad de consumo del gas LPG con respecto a 1993. No hubo ahorros, por el contrario el incremento del consumo ascendió hasta 370.875 litros durante los 5 años.



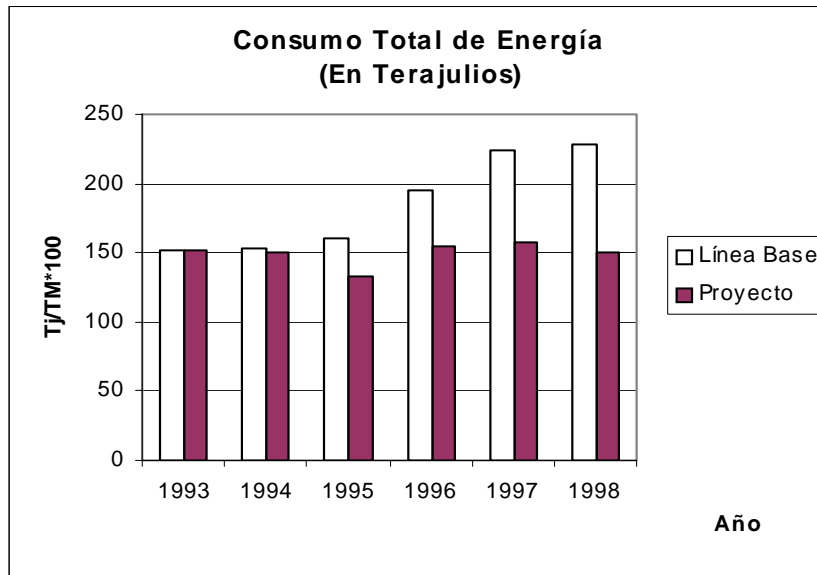
Con respecto al consumo de energía eléctrica, a excepción de 1995, el consumo siempre estuvo por debajo de la línea base. El ahorro acumulado neto en los 5 años del URE fue de 3.961.755 kWh.



Anexo 12 Continuación...

En el siguiente gráfico se muestra el comportamiento agregado de todos los energéticos. Todas las unidades se sumaron al convertirse en terajulios.

En todos los años el consumo estuvo por debajo de la línea base, con lo que se refleja el efecto positivo del plan URE. En estos 5 años el ahorro neto de energía fue de 216 terajulios.



A continuación, en el cuadro se observa el ahorro neto de los diversos energéticos durante el periodo analizado.

Ahorro de Energía con el URE (Por energético)						
Energético	Unidad	1994	1995	1996	1997	1998
Búnker	Litros	-27.340	753.679	1.005.478	1.674.971	1.996.401
Diesel	Litros	-116	-2.031	6.455	15.383	5.586
Gasolina	Litros	1.314	2.372	3.026	3.025	2.827
Gas LPG	Litros	115.531	-15.770	-59.882	-212.411	-198.343
Electricidad	KWh	159.063	-294.194	984.035	1.532.546	1.580.305

Expresado en unidades monetarias, en el siguiente cuadro se observa que para todos los años el ahorro agregado fue positivo.

Anexo 12 Continuación ...

Ahorro Neto con el URE					
(En \$)					
Energético	1994	1995	1996	1997	1998
Búnker	-11.005	304.860	406.642	677.448	807.452
Diesel	-95	-772	2.371	5.798	2.105
Gasolina	428	801	988	1.012	946
Gas LPG	30.607	-4.195	-15.929	-56.316	-52.586
Electricidad	5.942	-10.943	36.882	57.368	59.156
Total	25.876	289.750	430.954	685.311	817.073

En el cuadro a continuación se hace una comparación de los gastos de inversión que implicó el proyecto URE y los ahorros obtenidos. En los primeros dos años la inversión superó el ahorro, pero desde 1995 el ahorro fue mayor que los gastos de inversión. Expresando todos los valores en valor actual de 1993 y con una tasa de descuento del 10% se obtuvo que con el proyecto URE el valor actual neto fue de \$1.049.151,4 en 5 años de aplicación.

Flujo Neto del Proyecto URE						
(En \$)						
	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Inversión	16.262	112.014	50.891	211.452	283.373	750
Ahorro		25.876	289.750	430.954	685.311	817.073
Flujo Neto	-16.262	-86.138	238.859	219.502	401.938	816.323