

Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Incremento de Producción de Cátodos por el Sistema Convencional en la U. P. Refinería de Cobre de Ilo - Minero Perú ”

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

MIGUEL ANGEL REJAS VALENZUELA

PROMOCION: 1980 - 1

LIMA . PERU . 1993

INDICE

CAPITULO I : INTRODUCCION

- 1.1 Introducci3n
- 1.2 Antecedentes
- 1.3 Resumen del Proyecto

CAPITULO II : ESTUDIOS PRELIMINARES

- 2.1 Generalidades
- 2.2 Planteamiento General del Proyecto Ampliaci3n Nave AB
- 2.3 Descripci3n del Proceso en Planta de Anodos
- 2.4 Descripci3n del Proceso Electrol3tico por el Sistema Convensional en la U.P. Refiner3a de Cobre de Ilo.
- 2.5 Series Estadisticas

CAPITULO III : OBRAS CIVILES

- 3.1 Introducci3n
- 3.2 Trabajos Preliminares
- 3.3 Estructuras de Apoyo para las Celdas Electrol3ticas
- 3.4 Fabricaci3n de las Celdas Electrol3ticas
 - 3.4.1 Planta de Fabricaci3n de M3dulos de Concreto
 - 3.4.2 Montaje de las Celdas Electrol3ticas
 - 3.4.3 Revestimiento Interno de las Celdas
- 3.5 Costos de Inversi3n

CAPITULO IV : REDES DE FLUIDOS Y LODOS

- 4.1 Sistema de Alimentaci3n y Retorno del Electrolito

4.1.1 Línea de Alimentación

4.1.2 Línea de Retorno

4.2 Sistema de Evacuación del Electrolito

4.3 Sistema de Evacuación de Lodos Anódicos

4.4 Sistema de Lavado de Celdas Electrolíticas

4.5 Sistema de Recolección de derrames del Electrolito

4.6 Sistema de Suministro de Agua.

4.7 Memoria de Cálculos

4.8 Costos de Inversión

CAPITULO V : SUMINISTRO ELECTRICO Y DISTRIBUCION DE
ENERGIA

5.1 Suministro Eléctrico a la Refinería

5.2 Central de Generación Diesel Eléctrica

5.3 Circuito de Corriente Directa

5.3.1 Tendido de Bus Bars

5.3.2 Circuito Rectificador

5.4 Circuito de Corriente Alterna

5.5 Sistemas Auxiliares

5.6 Costos de Inversión

CAPITULO VI : CORROSION POR FUGAS DE CORRIENTE

6.1 Introduccion

6.2 Caso Ideal

6.3 Caso Ideal con fuga de corriente a tierra

6.4 Caso Actual

6.5 Caso Actual con fuga de corriente a tierra

6.6 Caso Ampliación Nave AB

6.7 Conclusiones

CAPITULO VII : MODIFICACIONES DE LAS OPERACIONES

7.1 Incremento de la Producción de Anodos

7.1.1 Alternativas de Incremento de Producción de Anodos.

- A) Ampliación de la Capacidad de Diseño de los Hornos Maerz
- B) Tratamiento de Cobre Blister Líquido
- C) Tratamiento de Recirculante Refinado en Horno Vertical (Tipo Asarco)
- D) Reprogramación de las Operaciones de los Hornos Maerz con Mantenimiento Preventivo Diario

7.1.2 Selección y desarrollo de la alternativa

- Referencia : Caso Actual

Referencia : Caso Ampliación Nave AB

Alternativa "D"

7.2 Operaciones en el Circuito Comercial :

7.2.1 Alternativas de operación del Circuito Comercial Ampliado

- A) Sistema Continuo (SC-1) : Cambio de electrodos de 2 blocks diarios en Turnos A y B
- B) Sistema Continuo (SC-2) : Cambio de electrodos de 2 block diarios en Turnos A y C ó B y C
- C) Sistema Periodico (SP)

7.2.2 Selección y desarrollo de la Alternativa

- Referencia : Caso Actual

- Referencia : Caso Ampliación Nave AB
Alternativa "C"

7.3 Recomendaciones

CAPITULO VIII : EVALUACION ECONOMICA

8.1 Generalidades

8.2 Métodos Matemáticos para Evaluación de la Rentabilidad

8.3 Análisis Económico

8.4 Conclusiones de la Evaluación Económica

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

PLANOS

PROLOGO

Siendo política de la Empresa Minera del Perú incrementar la producción de Cátodos de Cobre de 99.99 % de pureza para su exportación, se encomendó a la Dirección de Ingeniería realizar el Estudio Técnico-Económico para la Ampliación de la capacidad de producción de la Refinería de Cobre de Ilo; justamentè la presente Tesis trata fundamentalmente del proyecto de Ampliación de la Refinería de Cobre en 24,000 Toneladas Métricas de Cátodos por año; lo que representa un incremento del 16 % de su capacidad instalada y un ingreso anual de U.S.\$ 6'720,000.

En la elaboración del mencionado proyecto se ha tenido presente diversas consideraciones, entre las cuales podemos mencionar su factibilidad de implementación a corto plazo, la disponibilidad de materiales y equipos nacionales, el análisis de la capacidad instalada especialmente en la parte electromecánica por ser la más importante y finalmente la puesta en operación. Es importante mencionar que las instalaciones del proyecto están previstas para trabajar íntimamente ligadas a las ya existentes, las cuales deberán continuar produciendo sin perturbación alguna cuando las nuevas instalaciones entren en operación. Con el fin de darle una adecuada presentación a la Tesis, se ha creído conveniente dividirla en 8 Capítulos.

En el Primer Capítulo, se menciona los fines específicos que persigue la presente Tesis, en base a los antecedentes que sustentan el proyecto y se concluye con un breve resumen del mismo.

En el Capítulo II, se realiza una breve descripción de la Unidad de Producción Refinería de Cobre de Ilo- Minero Perú y se efectúa el planteamiento general del Proyecto de Ampliación de la Nave AB; asimismo se describe el proceso de fabricación de ánodos y el de refinación electrolítica mediante el sistema convencional.

Se ilustran series estadísticas de la producción nacional e internacional del Cobre refinado, a fin de ubicarnos dentro del contexto mundial.

En el Capítulo III, se describe en forma muy breve las obras civiles tales como: Trabajos preliminares, estructuras de apoyo, fabricación y montaje para las 128 nuevas celdas electrolíticas, por ser parte integral del proyecto.

Cabe notar que el diseño está basado en los datos y especificaciones técnicas dejadas por los Japoneses y acondicionado a nuestros requerimientos con tecnología propia.

El Capítulo IV, constituye el tema central y la razón de ser de la Tesis. Aquí se describen y diseñan los sistemas de alimentación y retorno de electrolito, evacuación del electrolito y lodos anódicos, lavado de celdas, recolección

de derrames de electrolito y suministro de agua.

Además se incluye memoria cálculos, diagramas, planos y costos de inversión.

En el Capítulo V, se realiza un análisis general de nuestra carga de energía eléctrica y los requerimientos para la futura Ampliación de la Nave AB, aprovechando la capacidad disponible de nuestros equipos y optimizando otros.

Asimismo se diseña el recorrido de barras de alimentación en corriente continua y se ubican los Swtichs Puente.

En el Capítulo VI, se analiza la corrosión por fugas de corriente y los efectos que generaría la implementación del Proyecto Ampliación Nave AB, por estar íntimamente ligado a las 768 celdas comerciales existentes, presentándose alternativas de solución a fin de minimizar las fugas de corriente a tierra, tan perjudiciales en nuestro proceso.

En el Capítulo VII, se estudian alternativas de solución para incrementar la producción de ánodos, por ser uno de los componentes principales que intervienen en el proceso de electrodeposición catódica; asimismo para la Planta Electrolítica se presenta diversas alternativas de trabajo para efectuar las operaciones con el circuito comercial ampliado, incluye el programa de mantenimiento y otros.

En el Capítulo VIII, se presenta el estudio económico, el cual define las bondades del proyecto para su inmediata implementación, debido a su alta rentabilidad.

Finalmente agradezco a la Empresa Minera del Perú S.A., por haberme dado la oportunidad de integrar la Comisión Ampliación Nave AB y al mismo tiempo desarrollar el presente estudio de la manera mas eficiente posible.

Además cabe resaltar la ayuda de diversos amigos y Técnicos en general que pacientemente me brindaron estímulo y apoyo, factores muy importantes para la realización de la presente Tesis; asimismo un agradecimiento especial al Gerente de la U.P. Refinería de Cobre de Ilo, Ing. Vicente Palacios Palacios por su decidido apoyo y las facilidades brindadas.

CAPITULO I

INTRODUCCION

El presente estudio tiene por finalidad demostrar la factibilidad tecno-económica del Proyecto de Ampliación de la Refinería de Cobre de Ilo en un 16% de la capacidad actual instalada para la producción de cátodos de cobre de 99.99% de pureza, utilizando la misma tecnología con que se viene operando.

La información utilizada en la elaboración de este proyecto está basada en datos operativos, cálculo de diseño y operación de la Refinería actual, cuyo producto cuenta con un lugar de privilegio en la Bolsa de Metales de Londres por su alta calidad, condiciones suficientes para darle al proyecto su implementación.

Dada la naturaleza del presente trabajo, la tesis no incluye el estudio de mercado, debido a que existen convenios entre Minero Perú y la empresa S.P.C.C. para que la Refinería de Cobre de Ilo procese el íntegro de su producción de ésta última en las condiciones pactadas y se estima en 300,000 TM/año.

Hecha la evaluación económica el proyecto resulta factible de implementación, según se muestra en el presente estudio.

1.1 ANTECEDENTES

En diciembre de 1969, el Gobierno Peruano decide la instalación de la Refinería de Cobre de Ilo.

Los principales hechos precedentes fueron los siguientes :

- a) La dación de la Ley normativa de la Industria Minera D.L. 18225 del 14 de abril de 1979, se reserva para el Estado la exclusividad de la Refinería de Cobre.
- b) La entrada en operación de la Empresa Minera del Perú, MINERO PERU, mediante el D.L. No 18436 del 13 de octubre de 1970, asumiendo la gestión empresarial del Estado en dichas actividades de la Minería.
- c) La autorización del Gobierno para contratar el estudio de factibilidad de la Refinería de Cobre de Ilo, mediante R.S. No 226 del 18 de setiembre de 1970.

La construcción de las plantas, talleres y servicios de la Refinería empezó en abril de 1973, con la participación del grupo Japonés MITSUI-FURUKAWA, quien tuvo a su cargo la construcción, equipamiento y puesta en marcha de la Planta Electrolítica y de los servicios auxiliares mediante el tipo de contrato "Llave en mano".

Minero Perú se encargó de la construcción de la Planta de Anodos, cuya ejecución comenzó en noviembre de 1973 y fué inaugurada en abril de 1975. En su construcción

se empleó tecnología y mano de obra totalmente Peruanas, con la asesoría técnica de la firma Suiza MAERZ OFENBAU en lo que se refiere a Ingeniería, supervisión de construcción, montaje y puesta en marcha.

El Instituto Nacional de Planificación (INP), mediante oficio No 275-87 DGPI-DIP del 30 de octubre de 1987, informa que estima conveniente la implementación del Proyecto Ampliación Nave AB - Pta. Electrolítica.

1.2 RESUMEN DEL PROYECTO

1.2.1 DESCRIPCION

El proyecto consiste en la Ampliación de la capacidad de la Refinería de Cobre de Ilo en 24,000 TM/año de catodos de alta calidad, mediante el Sistema Convensional; para tal efecto se construirán ocho secciones comerciales (128 celdas) en el lado sur de la Nave AB.

1.2.2 INVERSION

La inversión total se estima en US \$ 7'139,000.= de los cuales US \$ 2'713,000.= son para capital de trabajo.

1.2.3 INGRESOS

Los ingresos anuales, considerando una maquila de 280 US \$/TM. asciende a US \$ 6'720,000.=

1.2.4 COSTOS DE OPERACION

Los costos de operación incrementales se estiman en US \$ 2'537,000/año.

1.2.5 RENTABILIDAD

Con los parámetros de inversión, costos e ingresos considerados, la Tasa Interna de Retorno Económica (TIR) es de 31% y el Valor Actual Neto (VAN) es de US \$ 5'451,000.= a la tasa de descuento de 10%.

CAPITULO II

ESTUDIOS PRELIMINARES

2.1 GENERALIDADES

La Refinería de Cobre de Ilo, con capacidad instalada para producir 150,000 TM de cátodos al año, fue inaugurada el 28 de setiembre de 1975, para procesar el cobre amoloso proveniente de la Fundición de SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION.

La ubicación de la Refinería de Cobre se muestra en el Plano No 001-A1.

Para el desarrollo de sus operaciones, cuenta con una Planta de Anodos conformada, fundamentalmente de dos hornos basculantes MAERZ de 330 TM cada uno, donde se efectúa el afino igneo del cobre amoloso, obteniendose como producto intermedio, ánodos regulares de 380 Kg. de peso y 99.7% de contenido de cobre.

Estos ánodos son posteriormente refinados en la Planta Electrolítica, la misma que se encuentra conformada por las secciones comercial, láminas de arranque y primera liberadora. La sección comercial propiamente dicha, cuenta con 768 celdas distribuidas en 48 secciones de 16 celdas cada una.

Todas las celdas se encuentran conectadas eléctrica-

mente en un circuito en serie, cuya fuente de poder es un rectificador de corriente de 21 KA y 330 V (máximo), con regulación automática del nivel de corriente. Como medio acuoso se utiliza un electrolito de sulfato de cobre y ácido sulfúrico, el cual circula permanentemente por las celdas, con un flujo de 23 Lt/min. y una temperatura de 63 °C.

La Planta Electrolítica cubre un área de aproximadamente $17,424 \text{ m}^2$. En sus dos naves (AB y CD), cada una de 242 m. de largo por 30 m. de ancho, se encuentran actualmente 768 celdas comerciales construidas de concreto reforzado, revestidas interiormente de P.V.C.

Es en una de las naves (Nave AB), que existe actualmente un área libre donde, con algunos cambios, pueden acomodarse 8 secciones de 16 celdas cada una, que se integrarían al circuito convencional, el mismo que puede apreciarse en los Diagramas No 1 y 2.

Además se ha visto por conveniente incluir las series estadísticas del cobre para que en un futuro próximo nuestro producto sea utilizado directamente por el mercado nacional al implementarse principalmente una competente Planta de Alambrón de Cobre.

PLANTA ELECTROLITICA

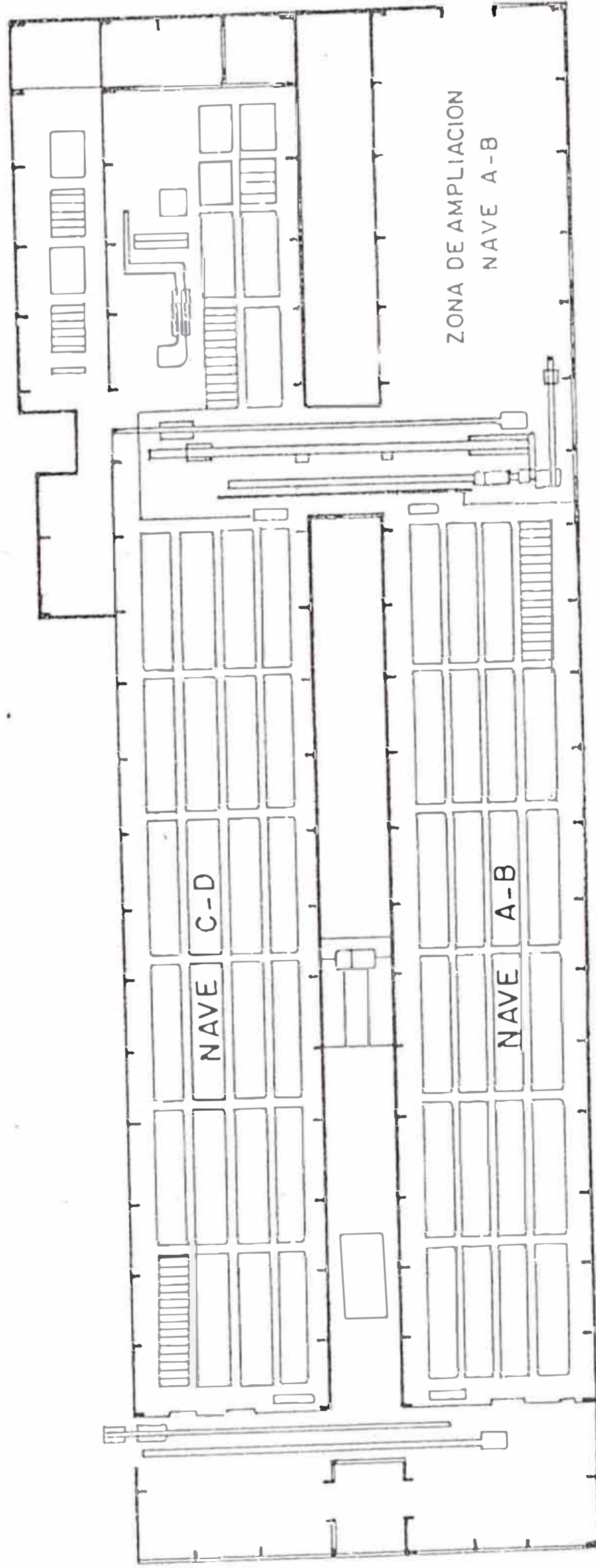


DIAGRAMA Nº 1: ZONA DE AMPLIACION NAVE A-B

2.2 PLANTEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO AMPLIACION NAVE AB

El proyecto aprovecha el espacio disponible en la Nave AB de la actual Planta Electrolítica, la capacidad de rectificación de corriente, así como las instalaciones auxiliares de producción de agua, aire, vapor, energía eléctrica, laboratorio, talleres de mantenimiento, mano de obra y materia prima disponible. Todo esto hace que la inversión sea reducida en relación a otra ampliación que no cuente con las facilidades y servicios similares existentes.

Para la ampliación del sistema convencional de la Planta Electrolítica, se considera la implementación de 4 Blocks en la Nave AB que significará un incremento en la producción de cátodos en 24,000 TM/año, para lo cual se requiere 29,000 TM/año de ánodos de cobre y 24,600 TMH/año de Blister. Los cálculos para dimensionar el proyecto de ampliación de la Nave AB se detallan en el Anexo No 1.

Las obras civiles comprenden la cimentación, construcción y montaje de las 128 nuevas celdas electrolíticas.

Las obras electromecánicas representan la parte más importante del proyecto por lo cual se ha realizado un estudio profundo de nuestra capacidad instalada de los equipos existentes y el diseño de las redes hidráulicas y eléctricas requeridas, así mismo se ha analizado la

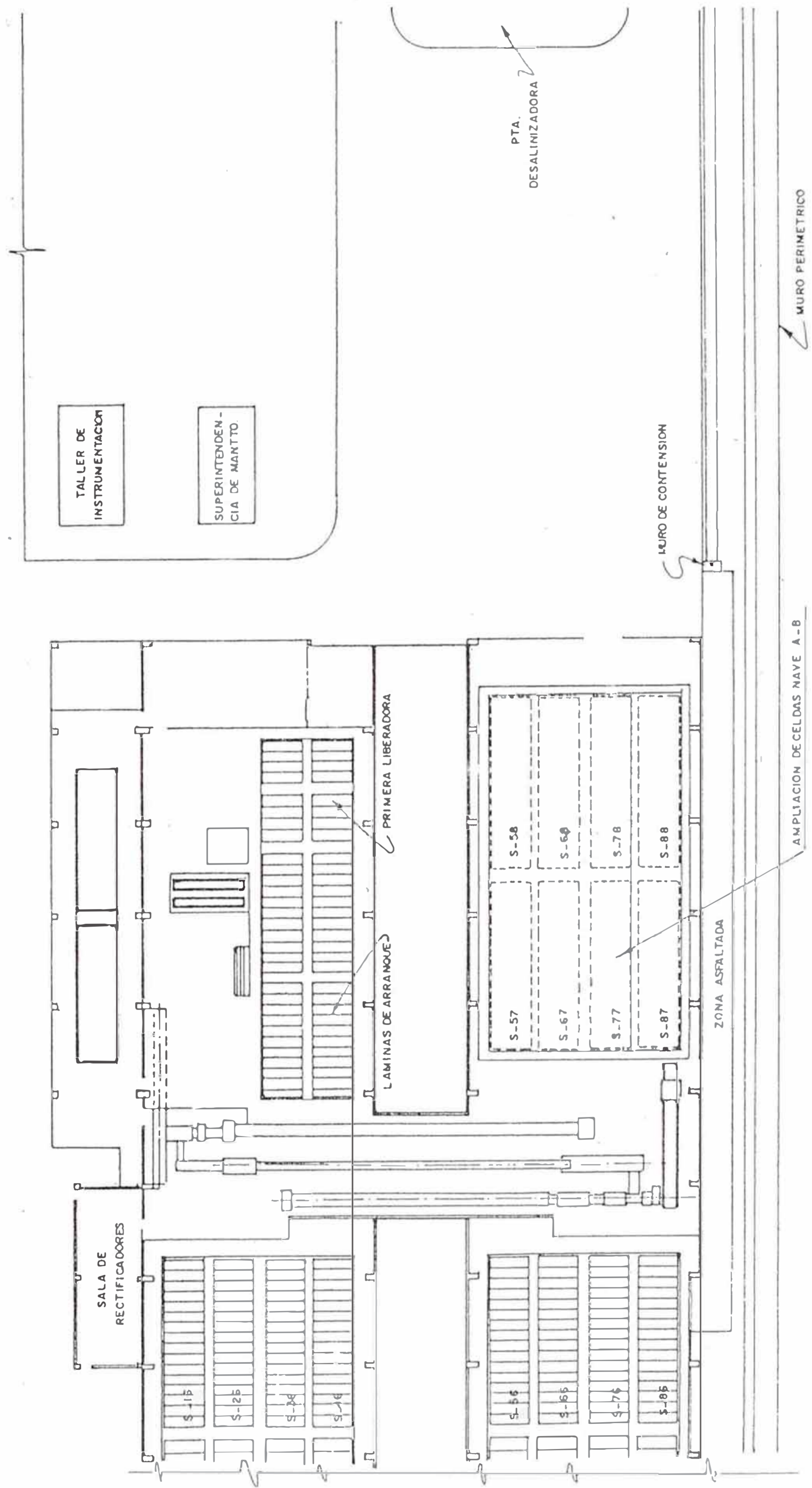


DIAGRAMA N° 2 DISTRIBUCION DE LOS 4 BLOCKS DE CELDAS A IMPLEMENTARSE

corrosión por fuga de corriente que es crítica en todo proceso de Refinación Electrolítica, como también la puesta en marcha; debido a que las nuevas celdas trabajarán íntimamente ligadas a las ya existentes y deben continuar produciendo normalmente.

Para el proceso operativo y mantenimiento se requiere implementar el personal en un número de 20 trabajadores con algunas variaciones en el sistema de trabajo por turnos

2.3 DESCRIPCION DEL PROCESO EN PLANTA DE ANODOS

En la Planta de Anodos se efectúa un proceso de Pre-refino al fuego para transformar el cobre blister (99%) de cobre en ánodos (99.7%) de cobre que tengan una superficie lisa para que puedan ser refinados en la Planta Electrolítica.

El Diagrama de Flujo de la Planta de Anodos se muestra en el Diagrama No 3.

Las principales fases operacionales son:

A) CARGUIO

El blister proveniente de la Fundición de S.P.C.C. después de pesarlo, descargarlo y muestrearlo es cargado en los 2 hornos de fusión "MAERZ" tipo basculante de 330 TM de capacidad cada uno, junto

con los ánodos corridos de la Planta Electrolítica de acuerdo a un programa de carga elaborado.

B) FUSION

Etapa en la que la carga del horno pasa del estado sólido al estado líquido, alcanzando el horno una temperatura de 1,200 a 1,300 °C .

C) OXIDACION

Consiste en insuflar aire al baño, con la finalidad que las impurezas se oxiden, aprovechando la poca afinidad que existe entre el cobre y oxígeno en contraste con la gran afinidad que existe entre éste y las impurezas.

La acción oxidante del Cu_2O (óxido de cobre) en el horno que hace que algunas impurezas traten de formar las escorias, otras de volatilizar SO_2 (anhídrido sulfuroso) y algunas que resisten a la acción del fuego son eliminadas en la electrólisis.

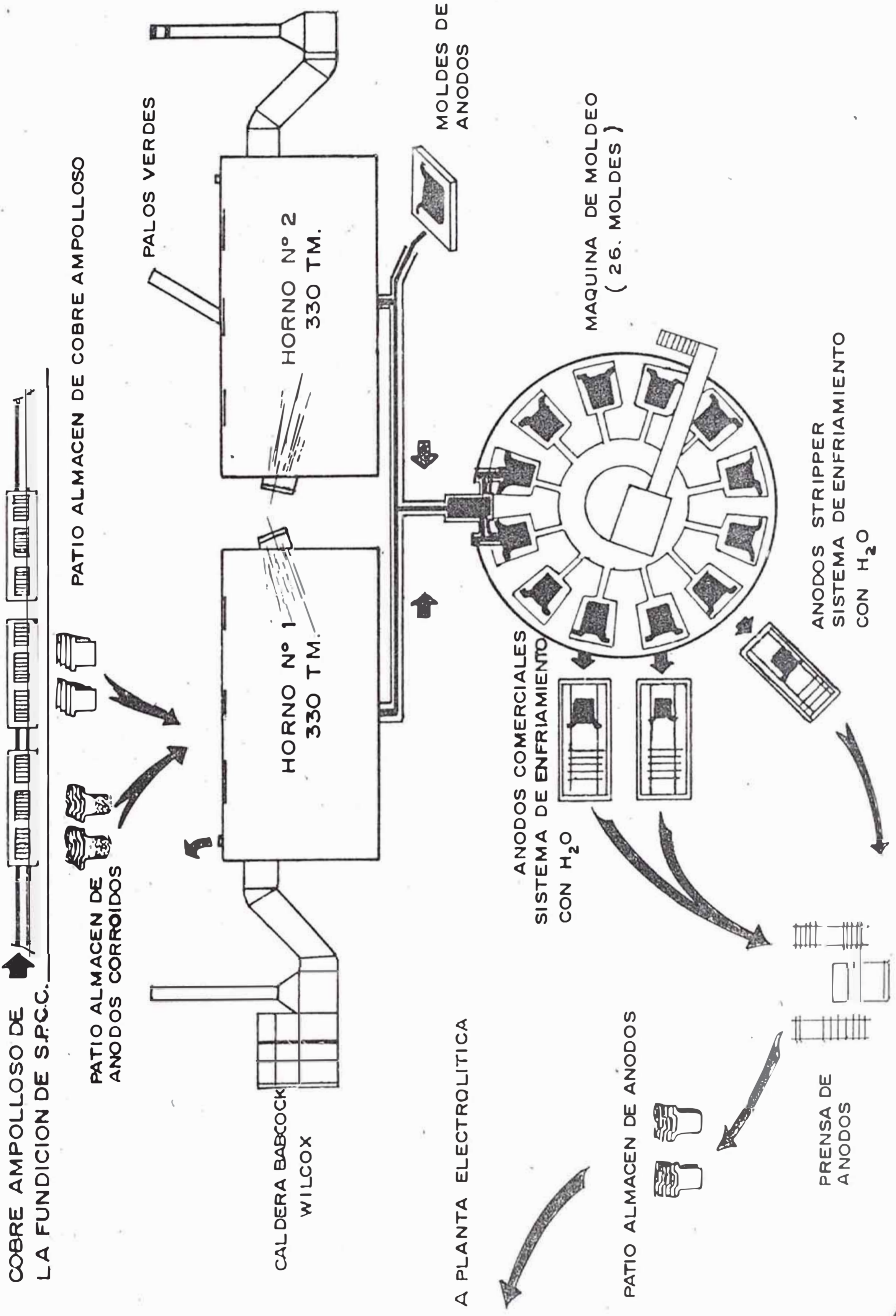
D) ESCORIFICACION

Etapa que consiste en evacuar la escoria formada por óxido férrico, óxido de calcio, bióxido de silicio y además contiene 20% de cobre oxidado.

E) REDUCCION

Fase que consiste en regular el oxígeno existente en

DIAGRAMA Nº 3: DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA DE ANODOS



el baño. Se consigue ésto introduciendo palos de eucalipto ó vapor-petróleo en el horno, eliminandose el óxigeno en forma de CO .

F) MOLDEO

Etapa final del proceso que consiste en moldear la carga en una rueda de moldeo de control automático, obteniendose dos tipos de ánodos; ánodos comerciales, y los ánodos stripper de 425 Kg. destinadas a la obtención de láminas de arranque que una vez acondicionadas sirven de cátodos iniciales, en las celdas comerciales en la Planta electrolítica.

2.4 DESCRIPCION DEL PROCESO ELECTROLITICO POR EL SISTEMA CONVENCIONAL EN LA U.P. REFINERIA DE COBRE DE ILO

El proceso electrolítico consiste fundamentalmente, en la disolución del cobre de los ánodos y su deposición en el cátodo por efecto de la corriente continua.

Algunas de las impurezas constituyentes del ánodo : (Arsénico, antimonio, níquel, fierro, etc.) entran en solución, mientras que otras, particularmente los metales preciosos, selenio, telurio y plomo, permanecen insolubles, depositándose en el fondo de las celdas como lodo anódico. Este lodo anódico es evacuado de las celdas, cada vez que los ánodos corroidos son

reemplazados por ánodos nuevos. El lodo anódico evacuado, que normalmente contiene un 35% de cobre, es lixiviado con ácido sulfúrico diluido para obtener un producto con menos de 2% de cobre, luego es lavado, centrifugado, secado y deselenizado para su transporte hacia la Planta de Tratamiento de Lodos Anódicos, donde se recuperan los principales valores metálicos contenidos : Plata y Oro.

El Diagrama de Flujo de la Planta Electrolítica se muestra en el Diagrama No 4.

Para mantener la composición química del electrolito, en lo referente a cobre y ácido, una parte del electrolito circulante es enviado continuamente a 16 celdas de primera liberadora, en la que se utilizan ánodos insolubles de Pb-Sb . El nivel de impurezas en el electrolito, fundamentalmente arsénico, antimonio, bismuto, níquel y fierro, es mantenido enviado continuamente una parte al electrolito a 24 celdas de segunda liberadora, donde se baja el contenido de cobre hasta cero, posibilitando, de esta manera, la codeposición del arsénico, antimonio y bismuto.

Debido a este tratamiento continuo, la composición del electrolito se mantiene en 40 gr/lt. de cobre, 180 gr/lt de ácido sulfúrico libre.

El sistema de circulación de electrolito está conformado por un tanque de circulación y un tanque de

cabeza por Nave. El electrolito proveniente de las celdas, es recepcionado por gravedad en los tanques de circulación, de donde un 30 % del electrolito circulante es bombeado a los filtros a fin de eliminar pequeñas partículas e impurezas. Luego; este electrolito es traspasado mediante bombas verticales a los tanques de cabeza, forzandolo a pasar por los intercambiadores de calor para elevar su temperatura.

En el tanque de cabeza, se adicionan los aditivos cola, thiourea y ácido clorhídrico, y el electrolito es alimentado por gravedad a las celdas electrolíticas.

La vida de los ánodos es de 28 días y de los cátodos 14 días. Las láminas de arranque o cátodos iniciales, son producidas en la sección de láminas de arranque, conformada por 44 celdas dispuestas en 04 secciones, con su propio sistema de circulación de electrolito.

Estas láminas son obtenidas, despegando un depósito delgado de cobre formado durante 24 horas sobre planchas madres de cobre laminado. Estas láminas, que tienen un peso promedio de 6 Kg., son estampadas para asegurar su planicie, provistas de su respectiva barra de suspensión e introducidas en las celdas como cátodos iniciales.

Durante el tiempo que éstas permanecen en las celdas electrolíticas, son sometidas a cuidadosa observación por el personal de inspección para eliminar los corto

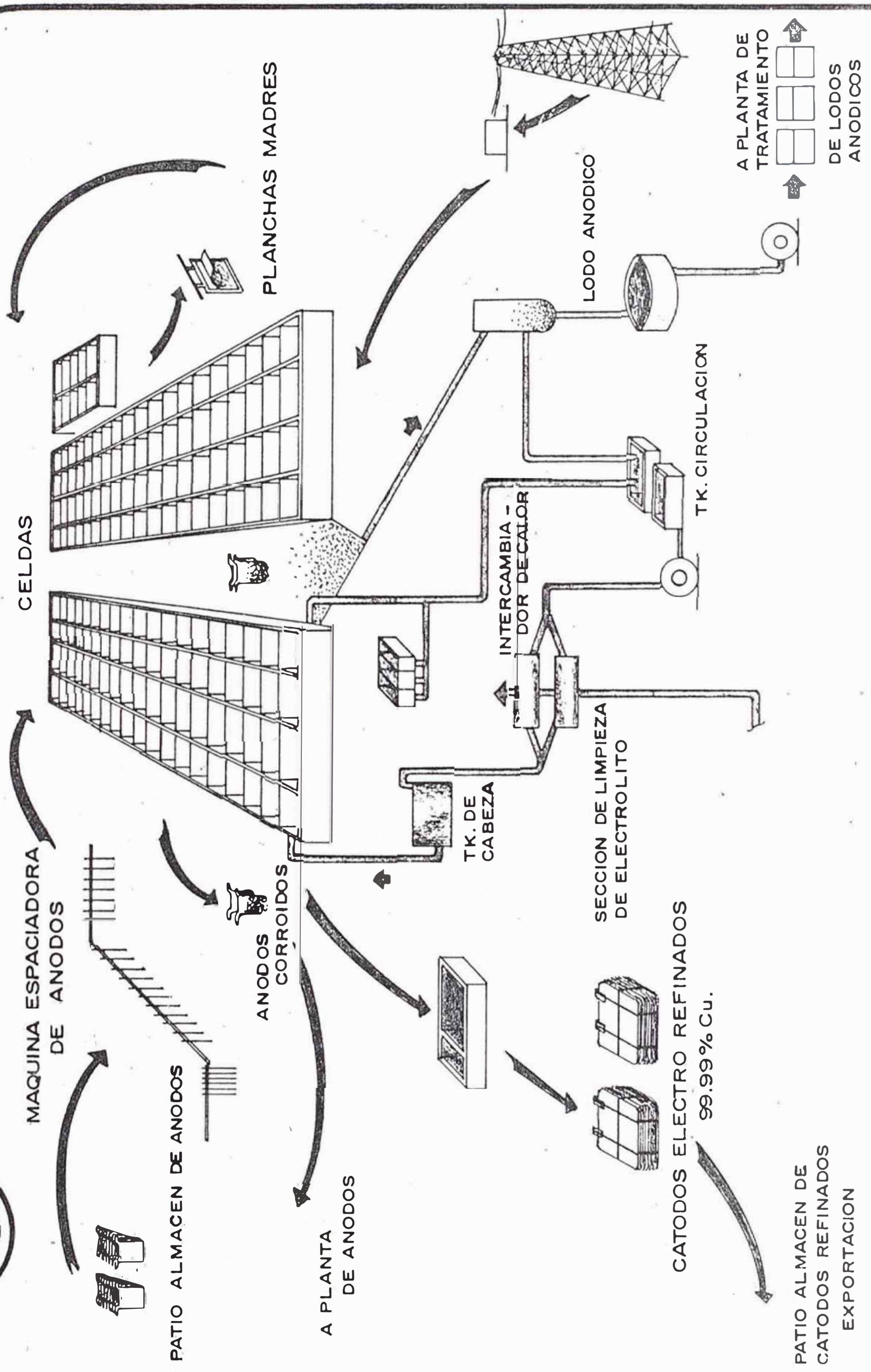


DIAGRAMA Nº 4 DIAGRAMA DE FLUJO DE PLANTA ELECTROLITICA

PATIO ALMACEN DE CATODOS REFINADOS EXPORTACION

CATODOS ELECTRO REFINADOS 99.99% Cu.

SECCION DE LIMPIEZA DE ELECTROLITO

INTERCAMBIADOR DE CALOR

TK. DE CABEZA

TK. CIRCULACION

LODO ANODICO

A PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS ANODICOS

A PLANTA DE ANODOS

ANODOS CORROIDOS

MAQUINA ESPACIADORA DE ANODOS

PATIO ALMACEN DE ANODOS

CELDA

PLANCHAS MADRES

circuitos que pudieran originarse, lavar contactos, enderazar láminas, etc. Tomando estas precauciones, se obtienen cátodos de excelente calidad y eficiencias de corriente superiores a 96%, para las condiciones de corriente de 19,600 amperios ó 214 amperios por metro cuadrado de densidad de corriente.

Después de 14 días en las celdas, los cátodos son extraídos de éstas, lavados cuidadosamente y enflejados para su despacho.

2.5 SERIES ESTADISTICAS

A continuación detallamos:

- a) Producción Nacional é Internacional de Cobre
(Oferta)

Las series estadísticas de la Producción Nacional é internacional de Cobre son mostrados en los Cuadros No 1 y 2.

- b) Consumo Nacional é Internacional de Cobre
(Demanda)

Las series estadísticas del Consumo de Cobre a nivel Nacional y Mundial son mostradas en los Cuadros No 3 y 4.

- c) Exportación de Cobre como fuente generadora de Divisas.

En los Cuadros No 5 y 6 se muestran respectivamente las series estadísticas de exportación del metal y la generación de divisas por ese concepto.

d) Consumo de Cobre por Industria.

En el Cuadro No 7 se muestra una serie estadística de 1964 a 1984 del consumo del Cobre por Industrias en los principales países consumidores de este metal y el Diagrama No 5 nos muestra el consumo según su uso a nivel nacional.

CUADRO No 1PRODUCCION NACIONAL MINERAMETALURGICA DE COBREANOS 1977-1988

AÑO	PRODUCCION MINERA METALURGICA DE COBRE (T. M. F.)			
	COBRE REFINADO	COBRE BLISTER	CONCENTRADO DE COBRE	TOTAL
1977	187,197	116,688	3,716	307,601
1978	185,615	165,954	7,827	359,396
1979	230,726	134,482	2,279	367,847
1980	224,299	101,510	4,429	330,238
1981	203,777	104,645	9,686	318,108
1982	224,813	103,812	19,208	347,833
1983	194,377	102,875	15,270	312,522
1984	220,021	115,948	11,591	347,560
1985	230,465	120,557	33,931	384,953
1986	229,197	106,106	50,141	385,444
1987	225,716	85,843	81,894	393,453
1988 (1)	105,959	43,167	29,016	178,142

(1) Primer Semestre 1988

FUENTE : ANUARIO DE LA MINERIA DEL PERU 1977 - 1985 Y BOLETINES

TRIMESTRALES DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS

CUADRO No 2PRODUCCION MUNDIAL DE COBRE POR CONTINENTESAÑOS 1981-1987

CONTINENTE	PRODUCCION DE COBRE (Miles de T.M.F.)						
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
AMERICA	3,892.6	3,630.1	3,516.8	3,690.3	3,783.0	3,872.8	4,092.6
EUROPA OCCIDENTAL	289.2	295.2	328.0	345.6	334.6	307.7	263.2
ASIA	517.7	556.2	574.5	553.5	546.3	533.5	519.9
AFRICA	1,398.6	1,392.5	1,378.6	1,395.3	1,347.6	1,358.4	1,299.2
OCEANIA	397.1	415.7	445.1	400.8	433.5	427.4	415.0
BLOQUE COMUNISTA	1,674.4	1,800.9	1,836.8	1,910.7	1,924.9	1,960.7	1,960.7
T O T A L	8,169.6	8,090.6	8,079.8	8,296.2	8,369.9	8,460.5	8,550.6

FUENTE : AMERICAN BUREAU OF METAL STATISTICS INC. U.S.

CUADRO No 3CONSUMO NACIONAL DE COBRE METALICOAÑOS 1980-1987

ANO	COBRE REFINADO	ALAMBRO DE COBRE	TOTAL
1980	3,605	9,674	13,279
1981	2,053	15,920	18,973
1982	1,645	19,436	21,081
1983	658	19,671	20,319
1984	2,765	23,612	26,377
1985	3,351	29,960	33,311
1986	6,700	28,500	35,200
1987	11,300	29,700	41,000

FUENTE : ANUARIO DE LA MINERIA DEL PERU 1977 - 1985 Y BOLETINES
TRIMESTRALES DEL MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS.

CUADRO No 4CONSUMO MUNDIAL DE COBRE REFINADOAÑOS 1981-1987

CONTINENTE	CONSUMO DE COBRE REFINADO (Miles de T.M.F.)						
	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
AMERICA			2,338.7	2,736.8	2,610.9	2,788.6	2,967.9
EUROPA OCCIDENTAL			2,603.9	2,750.6	2,726.5	2,766.2	2,788.6
ASIA			1,684.4	1,890.8	1,780.7	1,912.4	2,015.2
AFRICA			99.0	110.5	94.3	105.9	100.5
OCEANIA			128.3	125.4	128.1	118.8	125.9
BLOQUE COMUNISTA			2,261.9	2,268.5	2,334.9	2,334.9	2,361.2
T O T A L	9,524.1	9,010.4	9,116.2	9,872.6	9,675.4	10,027.5	10,359.3

FUENTE : AMERICAN BUREAU OF METAL STATISTICS INC. U.S.

CUADRO No 5EXPORTACION MINERO METALURGICA DE COBREANOS 1978-1987

(T.M.F.)

- AÑO	EXPORTACION MINERO METALURGICA DE COBRE (T.M.F.)			
	COBRE REFINADO	COBRE BLISTER	CONCENTRADO DE COBRE	TOTAL
1980	206,096	123,964	20,454	350,514
1981	192,411	102,046	28,206	322,663
1982	204,135	94,780	37,476	336,391
1983	161,756	90,515	25,931	278,202
1984	197,188	109,887	30,266	337,341
1985	196,506	121,093	47,700	365,299
1986	123,700	68,600	47,500	239,800
1987	159,200	84,200	66,100	309,500

FUENTE : ANUARIO DE COMERCIO EXTERIOR 1978 - 1985 DEL MINISTERIO DE INDUSTRIA,
COMERCIO, TURISMO E INTEGRACION Y MINPECO (BOLETINES PERIODICOS).

CUADRO No 6INGRESO DE DIVISAS AL PERU POR EXPORTACIONANOS 1985-1988

RUBRO DE EXPORTACION	INGRESO DE DIVISAS (Millones de U.S. \$)			
	1985	1986	1987	1988
C O B R E	476	437	510	330
TOTAL DE MINERIA	1,247	1,057	1,200	670
TOTAL DE INGRESOS POR EXPORTACION	2,680	2,550	3,020	1,338

FUENTE : ANUARIO DE MINERIA DEL PERU 1977 - 1985 Y BOLETINES TRIMESTRALES DEL
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS.

CUADRO No 7CONSUMO TOTAL DE COBRE REFINADOEN JAPON, EE.UU. Y EUROPA OCCIDENTALANOS 1964-1984

INDUSTRIA	CONSUMO DE COBRE REFINADO (Miles de T.M.F.) (Porcentaje por Industria)				
	1964	1970	1974	1980	1984
ELECTRICIDAD	2,649.3 (47.1%)	3,129.2 (48.0%)	3,426.9 (48.9%)	3,599.2 (49.3%)	3,485.3 (47.8%)
CONSTRUCCION	954.6 (16.7%)	1,024.3 (15.7%)	1,081.9 (15.5%)	1,001.7 (13.7%)	1,153.8 (15.8%)
TRANSPORTE	610.3 (10.7%)	673.4 (10.3%)	675.9 (9.7%)	728.0 (9.9%)	652.2 (8.9%)
INGENIERIA EN GENERAL	1,058.6 (18.5%)	1,211.9 (18.6%)	1,304.3 (18.6%)	1,410.0 (19.3%)	1,425.6 (19.5%)
ECONOMIA Y MISCELANEA	408.8 (7.1%)	481.1 (7.4%)	517.9 (7.3%)	568.9 (7.8%)	576.8 (8.0%)
TOTAL	5,722.6 (100%)	6,519.9 (100%)	7,001.1 (100%)	7,307.8 (100%)	7,293.4 (100%)

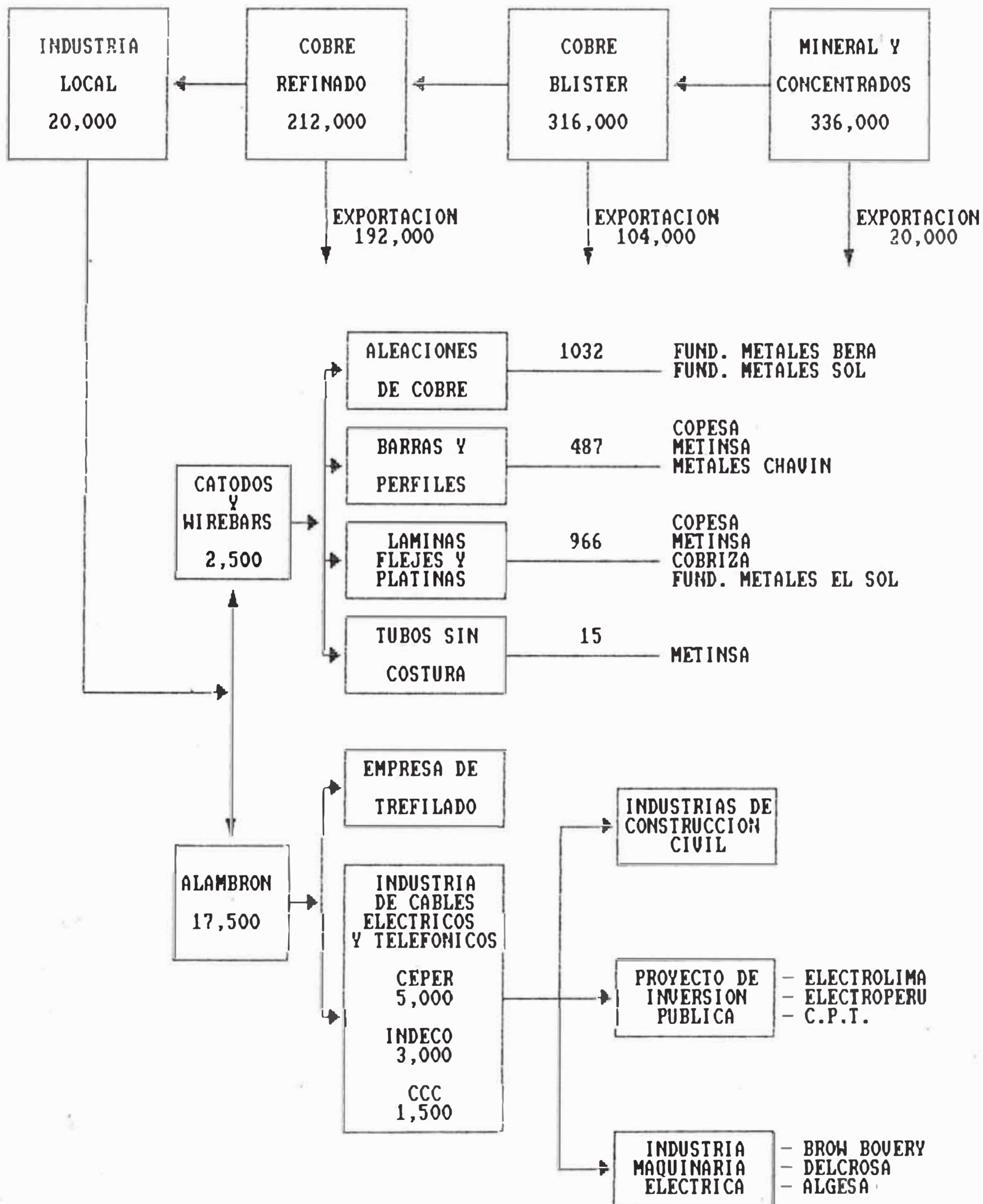
FUENTE : INCRA, JUNIO 1985

DIAGRAMA No 5

ESQUEMA DE LA INDUSTRIA DE COBRE EN EL PERU

1983

(T.M.F.)



CAPITULO III

OBRAS CIVILES

3.1 INTRODUCCION

La Ampliación consiste en la ubicación de cuatro blocks adicionales de celdas guardando simetría con el resto de blocks de la Nave AB.

Estos blocks serán construidos íntegramente dentro de la Nave existente, en el patio de almacenamiento de cátodos (zona que tiene servicio del puente grúa de la Nave), los cuales a su vez serán almacenados fuera de la Nave, para lo cual será necesario abrir una puerta en el eje A y ejes 17 y 18 (Plano No 10). Un Montacarga transitará por dicha puerta y por una vía paralela a la línea férrea transportará los paquetes de cátodos a su nuevo patio de almacenamiento. También será necesario reubicar la máquina punzonadora de cátodos y recortar el extremo sur del conveyor transportador de paquetes de cátodos.

Las Obras Civiles comprenden la construcción de los soportes para las Celdas, de las Celdas mismas, de las pasarelas alrededor de las celdas y el acondicionamiento del piso en la zona de la ampliación.

Los soportes son estructuras de concreto armado cuyos

elementos (zapatas , vigas de cimentación, columnas y vigas) son idénticos a los ya existentes, ya que en los planos que se han elaborado se ha respetado las dimensiones y armadura del diseño original hecho por **Mitsui Furukawa**. Igualmente las celdas que están formadas por elementos prefabricados de concreto armado serán fabricadas de acuerdo al diseño original.

Las pasarelas alrededor de las celdas se harán siguiendo los lineamientos de los blocks existentes, es decir se colocarán plataformas de concreto armado apoyadas en columnas en la zona cercana a las celdas y luego pasarelas de madera de aproximadamente un metro de ancho entre las celdas y estas plataformas.

Las pasarelas de madera es una exigencia del proceso, ya que al manipular los cátodos la solución salpica la periferia de las celdas y ataca el concreto armado, por ello se usa madera en las pasarelas contiguas a las celdas.

El piso en la zona de Ampliación (entre los ejes 17 y 22 de la Nave) deberá ser reacondicionado para ubicar las canaletas y buzones; así como darle una pendiente adecuada para la recolección de los derrames de la solución.

Actualmente existe las líneas de desague industrial y doméstico que cruzan por la zona de Ampliación, las cuales deberán de reubicarse.

3.2 TRABAJOS PRELIMINARES

Los trabajos preliminares se relizan con el objeto de que el terreno se encuentre listo para el inicio de las Obras Civiles propiamente dichas y comprende:

- Reubicación de la Punzonadora de Cátodos
 - Recorte del Conveyor de Cátodos, lado sur
 - Reubicación de las 2 lineas de desague
 - Demolición de la losa exixtente
- Limpieza del terreno, trazo, replanteo y control topográfico.

3.3 ESTRUCTURAS DE APOYO PARA CELDAS ELECTROLITICAS

Los soportes de las celdas son estructuras de concreto armado que consiste de :

- Columnas de 0.60 x 0.30 MT de sección cuadrada con seis varillas de fierro de 3/4 "Ø y estribos de 3/8 "Ø.
- Vigas de 0.35 x 0.50 MT. de sección con seis varillas de Fierro de 3/4 "Ø con estribos de Fe 3/8 "Ø.

3.4 FABRICACION DE CELDAS ELECTROLITICAS

Las celdas electrolíticas se ensamblarán en base a los módulos prefabricados de concreto armado.

Dimensiones :

Largo	:	5.05 m.
Ancho	:	1.35 m.
Altura	:	1.63 m.
Espesor de las paredes	:	0.15 m.

3.4.1 PLANTA DE FABRICACION DE MODULOS DE CONCRETO

En ésta Planta se fabricarán los módulos prefabricados de concreto armado para las 128 nuevas celdas y cada una consta de 5 partes; (4 paredes laterales y 1 de piso).

Maquinaria y Equipo :

- Una concretera automática de 11 pies ³.
- Dos fajas transportadoras de 18" x 66'.
- Una balanza de control automático.
- Un equipo de vibrado especial.
- Tres tinas para fraguado de moldes.
- Tres equipos de acero a utilizarse como matrices en la fabricación de moldes.
- Una grúa pórtico de 5 TM.
- Un volquete.
- Un montacarga.

3.4.2 MONTAJE DE CELDAS ELECTROLITICAS

Consiste en las operaciones de traslado de los

módulos prefabricados de concreto armado desde la Planta de fabricación hacia la zona de Ampliación de la Nave AB, lugar donde van a ser instalados y montaje de los mismos sobre las vigas horizontales de las estructuras de apoyo previamente construídas; esto con la ayuda de la grúa puente de 25 TM.

Para la fijación de los módulos de concreto se utilizará pernos especiales y mediante un secuencia ordenada se irán armando las celdas electrolíticas.

Luego se continuará con el revestimiento interior de las celdas, tal como se indica en el punto 3.4.3.

Finalmente se procederá con la instalación de las baldosas de gres cerámico con resina epoxica para conformar los pisos antiácidos.

3.4.3 REVESTIMIENTO INTERNO Y PRUEBA DE LAS CELDAS ELECTROLITICAS

Se aplica una capa de asfalto industrial 200/220 PA y sobre el mismo se instalarán tres membranas asfálticas reforzadas con tela de fibra de vidrio y finalmente se recubrirán con planchas de PVC rígido con el objeto de proteger el concreto del electrolito, posibles golpes y fugas de calor.

3.5 COSTOS DE INVERSION

DESCRIPCION	MONEDA NACION. U.S.\$	MONEDA EXTRAN. U.S.\$	TOTAL U.S.\$
1. TRABAJOS PRELIMINARES			
Demolición piso actual 1750 M2	7,000		7,000
2. MOVIMIENTO DE TIERRA			
Evacuación, relleno, compactación y eliminación material excedente	8,500		8,500
3. CONCRETO SIMPLE			
	16,600		16,600
4. CONCRETO ARMADO			
Base y plataformas laterales	112,000		112,000
5. ALBAÑILERIA			
	5,000		5,000
6. CELDAS			
Construcción de 128 Celdas 128 PZ x 3 M3 x 300 U.S.\$/M3 Recubrimiento material asfáltico 128 x 200 U.S.\$/Celda Recubrimiento con PVC rígido 128 x 1,500 U.S.\$/Celda	258,400	100,000	358,400
7. PISOS ANTIACIDOS DE CONCRETO			
1750 M2 x 40 U.S.\$/M2	70,000		70,000
8. PISOS ANTIACIDOS DE MADERA			
40 M2 x 10 U.S.\$/ M2	4,000		4,000
9. VARIOS			
Puerta, reacondicionamiento equipos	6,000		6,000
10. VIA NUEVO ACCESO			
Tránsito de Montacargas	15,000		15,000
TOTAL GENERAL	502,500	100,000	602,500

CAPITULO IV

REDES DE FLUIDOS Y LODOS

4.1 SISTEMA DE ALIMENTACION Y RETORNO DEL ELECTROLITO

Para la ampliación de las 128 nuevas celdas del proyecto, el sistema de alimentación y retorno del electrolito comprende la instalación de líneas de tuberías adicionales a las existentes utilizando la capacidad instalada del tanque de cabeza para la alimentación y el tanque de circulación para la línea de retorno. Adicionalmente tendrá que implementarse una bomba de circulación del electrolito, una bomba para el filtro y un intercambiador de calor (Polyblock) para mantener la temperatura del electrolito de regreso de la línea de retorno antes de su entrega al tanque de cabeza. Para mayor detalle ver los Planos No 002-A1, No 003-A1 y No 004-A1.

4.1.1 LINEA DE ALIMENTACION

Es una línea independiente de una tubería de PVC de 250 mm.Ø forrada con fibra de vidrio que parte de la pared lateral sur del tanque de cabeza y va paralela al lado este de la Nave AB, con una extensión aproximada de 210m.

De esta tubería parten ramales de tubería de PVC de 150 mm.Ø de similares características, que

alimentan el electrolito caliente (65°C) a ocho secciones de 16 celdas cada una, por medio de tubos individuales de PVC de 25 mm.Ø provistos de una válvula de cierre. Tal como se puede ver en el Plano No 003-A1.

Las uniones de las tuberías de 150 y 250 mm.Ø será por medio de bridas, llevando juntas de expansión cada 20m.

4.1.2 LINEA DE RETORNO

Esta línea recolecta el electrolito procedente de las cajas de rebose de cada celda, mediante tuberías de PVC de 65 mm.Ø, conectadas a ramales colectores de PVC de 150 mm.Ø que recojen el electrolito de cada block de celdas, las que finalmente son conducidas por una tubería de PVC de 250 mm.Ø hasta el tanque de circulación de Nave AB ó tanque auxiliar.

Para incrementar el caudal de alimentación y retorno del electrolito de las 08 secciones de celdas ha implementar se requiere :

Una bomba vertical de acero inoxidable de 5000 Lt/min. y 55 Kw. para bombear el electrolito hacia el tanque de cabeza.

- Un intercambiador de calor ó Poliblock de 24"Ø para dar una temperatura de 65 °C al

electrolito que ingresa al tanque de cabeza.

Una bomba adicional para el equipo de filtrado.

4.2 SISTEMA DE EVACUACION DEL ELECTROLITO

Para vaciar las celdas electrolíticas después de realizar la cosecha de cátodos de cobre en cada celda se hará por medio de una tubería de fondo de PVC de 65 mm.Ø y una tubería de PVC recolectora de las secciones de celdas de 200 mm.Ø hacia el tanque de intercambio de Láminas de Arranque. Una vez filtrado el electrolito en el filtro es evacuado hacia el tanque de circulación de la Nave AB por medio de una tubería de PVC de 200 mm.Ø. Para mayor detalle ver los Planos No 005-A1 y No 006-A1

Las uniones entre los tubos serán bridas, colocándose juntas de expansión cada 25m.

4.3 SISTEMA DE EVACUACION DE LODOS ANODICOS

Los lodos depositados en fondo de las celdas electrolíticas serán drenados por medio de una tubería de PVC de 65 mm.Ø hacia los ramales de la tubería PVC de 150 mm.Ø que corren paralelos a los blocks de celdas los cuales llevarán los lodos hacia el pozo recolector SP No 9 de la sección de Láminas de Arranque, desde donde serán bombeados a la sección de purificación para su procesamiento posterior. Tal como se puede apreciar

en los Planos No 005-A1 , No 006-A1 y No 007-A1.

4.4 SISTEMA DE LAVADO DE CELDAS ELECTROLITICAS

Se ampliarán las redes de agua caliente que consisten en tuberías de Ac. Inox. 304 de 40 mm.Ø las mismas que corren paralelas a las paredes de la Nave AB a fin de extenderlas hasta la nueva área de trabajo donde se instalarán los puntos de salida para las mangueras de lavado de las celdas electrolíticas.

4.5 SISTEMA DE RECOLECCION DE DERRAMES DEL ELECTROLITO

Los derrames del electrolito, así como las aguas ácidas producto del lavado de las celdas son recolectadas en 02 canaletas que terminan en poza central "LEP", desde donde se bombeará los líquidos colectados mediante una tubería de PVC de 65 mm.Ø hacia el tanque de intercambio de la sección de Láminas de Arranque.

Para las pozas de recolección se requiere 02 bombas "LEP" tipo vertical de 100 Lt/min. y 3.7 Kw. cada uno con su válvula de control. Ver Plano No 007-A1.

4.6 SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA

El sistema de reposición de agua para mantener el nivel del electrolito en las celdas será el mismo tanto para la Nave AB, como para la Nave CD ya que el incremento de demanda de agua debido a la ampliación de la Nave AB, está dentro de los márgenes de seguridad del

sistema de suministro.

Se ha extendido la red de suministro de agua para el lavado de las celdas electrolíticas y pisos mediante una tubería de Ac. Inox. 304 de 40 mm.Ø dotándose de válvulas necesarias de 25 mm.Ø para la conexión de mangueras para el lavado.

4.7 MEMORIA DE CALCULOS

El diseño y tendido de tuberías se muestra en los planos de detalle incluidos en presente capítulo, cabe mencionar que su distribución es similar a la existente lo que permite simplificar su ejecución, y no incrementar el listado general de existencias por ende nuestros almacenes.

Los cálculos están referidos a dimensionar la capacidad de algunos equipos necesarios para el Proyecto de Ampliación.

A) CALCULO DEL CAUDAL DEL ELECTROLITO

Se calcula mediante la siguiente expresión: De L3
(Bibliografía)

$Q = \# \text{ de Celdas/sección} \times \# \text{ de secciones} \times Q \text{ celda}$

..... (1)

Donde :

Q = Caudal de electrolito Lts/min.

- Caudal actual :

Reemplazando en (1) :

$Q = 16 \text{ celdas/sección} \times 48 \text{ secc.} \times 25 \text{ Lts/min/celda}$

$Q = 19,200 \text{ Lts/min.}$

Como disponemos de 4 bombas de circulación, se tiene:

$$Q \text{ Bomba} = \frac{19,200}{4} = 4,800 \text{ Lts/min.}$$

$Q \text{ Diseño} = 5000 \text{ Lts/min.}$

$Q \text{ Bomba} = Q \text{ Diseño}$

- Caudal requerido para la ampliación :

Reemplazando en (1) :

$Q \text{ Ampliación} = 16 \text{ celdas/secc.} \times 8 \text{ secc.} \times 25$
 $\text{Lts/min/celda} =$

$Q \text{ Ampliación} = 3,200 \text{ Lts/min.}$

Por lo tanto se requiere de una bomba de 5,000 Lts/min. de igual característica que las 04 existentes, por razones de mantenimiento y stock de repuesto disponible.

$Q \text{ Total requerido} = 22,400 \text{ Lts/min.}$

$Q \text{ Total instalado} = 20,000 \text{ Lts/min.}$

$Q \text{ Total (5 Bombas)} = 25,000 \text{ Lts/min.}$

$Q \text{ Total (5 Bombas)} > Q \text{ Total requerido.}$

Comprobado el requerimiento de 01 bomba vertical, concluimos que ésta requiere de un intercambiador de calor adicional (Polyblock).

B) SELECCION DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR "POLYBLOCK"

Utilizando las formulas, diagramas y recomendaciones del Fabricante: The Carbone Corporation Booton, New Jersey, de acuerdo al Catálogo PB - EM 102 - E, el cual se encuentra incluido en el Anexo No 2, Páginas del 13 al 17, se tiene:

$$Q = G.P.M. \times 60 \times 8.33 \times S.H. \times S.G. \times AT \quad \dots(2)$$

Donde :

Q = Cantidad de calor a intercambiar, BTU/hora

G.P.M. = Galones por minuto 845 GPM.

Q Ampliación = 3,200 Lts/min. = 845 GPM.

S.H. = Calor específico 0.82

S.G. = Gravedad específica 1.26

AT = Diferencia de temperatura de la solución

14.4 °F.

$$63^{\circ}\text{C} - 55^{\circ}\text{C} = 145.4^{\circ}\text{F} - 131^{\circ}\text{F} = 14.4^{\circ}\text{F}$$

8.33 = Peso de 01 Galón de agua.

BTU = Calor requerido para elevar una Lb. de agua
a 1 °F

Reemplazando :

$$Q = 845 \times 60 \times 8.33 \times 0.82 \times 1.26 \times 14.4 =$$

$$Q = 6'283,474 \text{ BTU/hora.}$$

Temperatura en el intercambiador :

De L5 (Bibliografía), Páginas 117 y 200 tenemos:

$$ATM = \frac{AT_1 - AT_2}{2.3 \text{ Log} \frac{AT_1}{AT_2}}$$

.....(3)

Donde :

ATM = Diferencia de temperatura media de los dos fluidos en el intercambiador °F

Considerando flujo en contracorriente:

$$AT_1 = 302.0 - 131.0 = 171.0 \text{ °F}$$

$$AT_2 = 302.0 - 145.4 = 156.6 \text{ °F}$$

Vapor : T inicial 150 °C = 302.0 °F

T final 150 °C = 302.0 °F

Electrolito : T inicial 55 °C = 131.0 °F

T final 63 °C = 145.4 °F

Reemplazando :

$$ATM = \frac{171.0 - 156.6}{2.3 \text{ Log} \frac{171.0}{156.6}}$$

$$ATM = 163.9 \text{ } ^\circ\text{F}$$

Area requerida para intercambio de calor :

Se calcula mediante la siguiente expresi3n:

(Ver Anexo No 2, P3gina 17)

$$H.E.A. = \frac{Q}{UD \times ATM} \text{ Pie}^2 \dots\dots\dots(4)$$

Donde :

H.E.A. = Area requerida para intercambio de calor

Q = Cantidad de calor a intercambiar BTU/hora

U = Coeficiente t3rmico BTU/hora/pie/ ²°F

UD = Coeficiente de correcci3n (Vapor/soluci3n)

Consideraciones previas :

Velocidad del electrolito = 4.2 pies/seg.

Del Diagrama No 6 Curva 1

Coeficiente t3rmico U = 355

Del Diagrama No 7 Curva 1

Factor de correcci3n (H₂SO₄ 18% / vapor) = 0.68

$$UD = U \times F.c$$

$$UD = 355 \times 0.68 = 241.4 \text{ BTU/hora} \times \text{pie}^2 \times ^\circ\text{F}$$

Reemplazando :

$$\text{H.E.A.} = \frac{6'283,474}{163.9 \times 241.4} = 158.8$$

$$\text{Area requerida} = 158.8 \text{ pie}^2$$

Si seleccionamos un Polyblock de 24"Ø y 06 blocks idéntico a los 04 existentes, tendremos :

$$\text{Area del Polyblock} = 6 \times 39.7 = 238.2 \text{ pie}^2$$

Luego: Area del Polyblock > Area requerida

$$238.2 \text{ pie}^2 > 158.8 \text{ pie}^2$$

Lo cual implica que es conforme el Polyblock seleccionado; sin embargo es necesario notar que con solo cuatro blocks estaríamos satisfaciendo nuestras necesidades; pero por razones de estandarización y disponibilidad aceptamos el Polyblock de 24"Ø y 06 blocks.

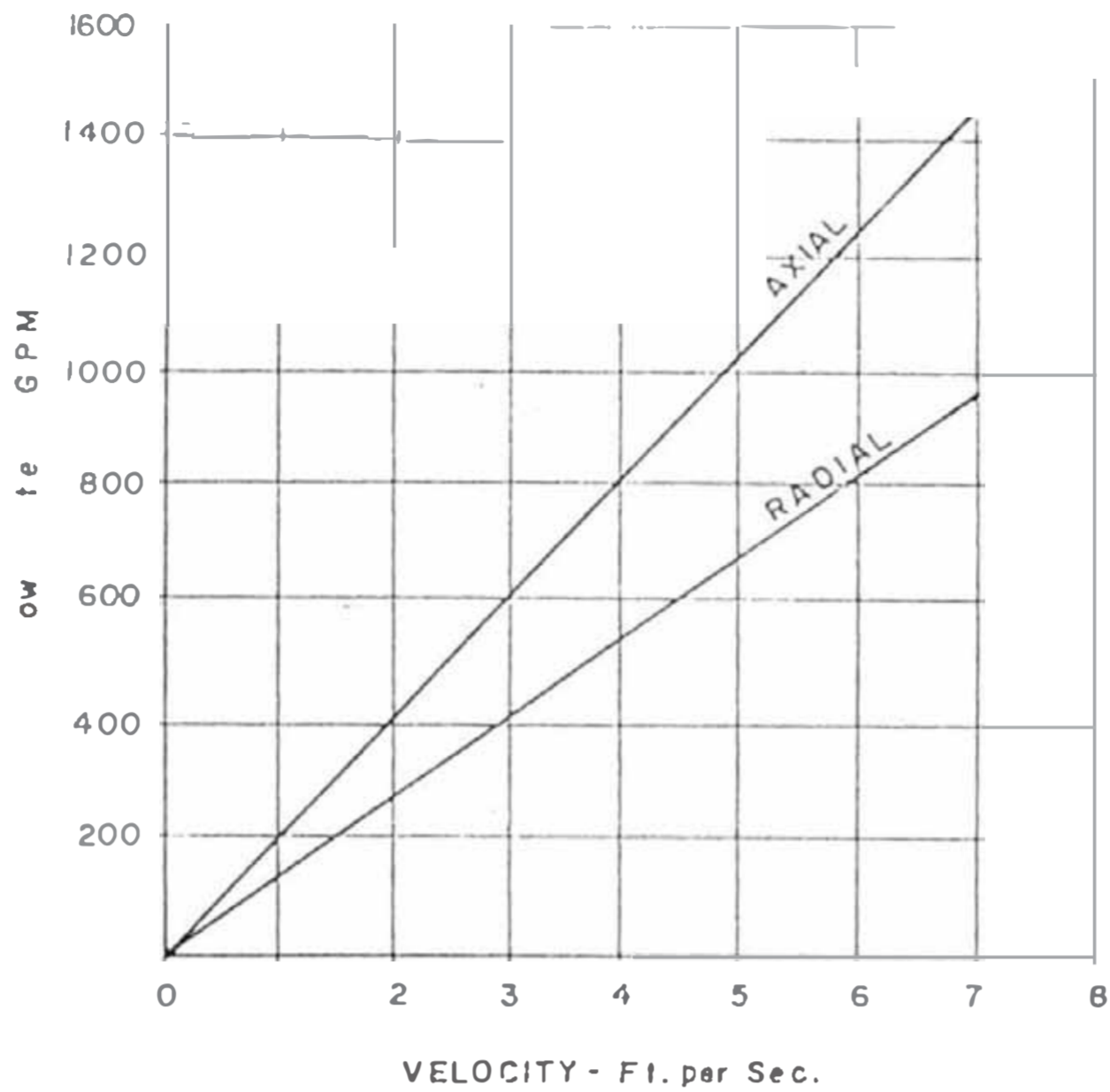


DIAGRAMA Nº 6 VELOCIDAD DEL FLUJO (ELECTROLITO)

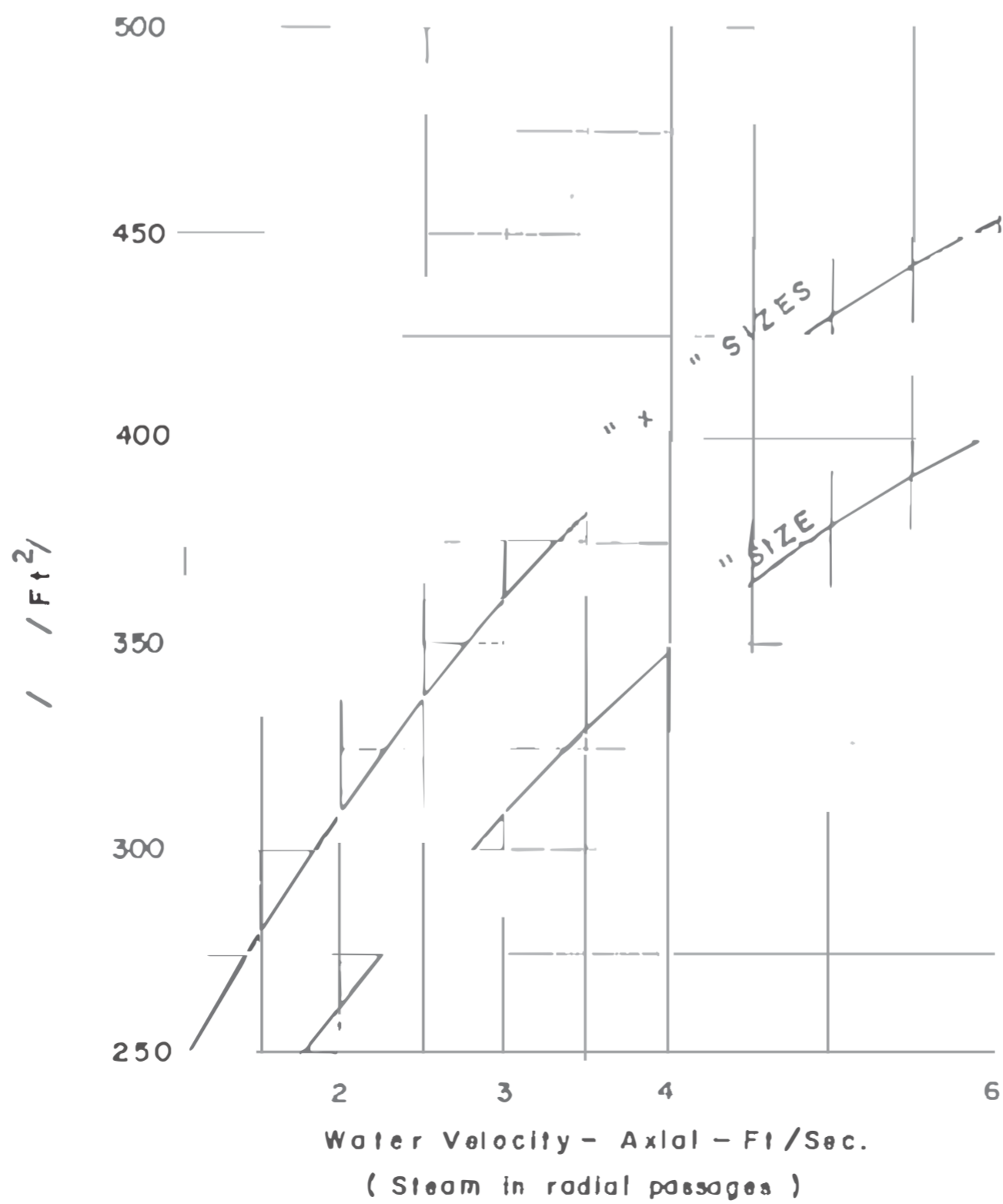


DIAGRAMA Nº 7: COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CALOR VAPOR/AGUA

4.8 COSTOS DE INVERSION

DESCRIPCION	MONEDA NACION. U.S.\$	MONEDA EXTRAN. U.S.\$	TOTAL U.S.\$
1. LINEA DE ALIMENTACION DE ELECTROLITO			
Bomba de Circulación, Tipo Vertical Ac. Inoxidable, 55 Kw, 5000 Lt/min	6,000	30,000	36,000
Intercambiador de Calor Ø 24"	3,000	30,000	33,000
Tubería de PVC Ø 250 mm. 210 MT	25,000	6,000	31,000
Tubería de PVC Ø 150 mm. 240 MT	15,000	5,000	28,000
Tubería de PVC Ø 25 mm. 240 MT	1,500	4,000	5,500
Juntas de expansión Ø 250 mm. 10 PZ	700	250	950
Juntas de expansión Ø 150 mm. 10 PZ	300	150	450
Válvulas de PVC Ø 65 mm. 20 PZ	3,000	300	3,300
Válvulas de PVC Ø 25 mm. 150 PZ	15,000	3,000	18,000
Válvula de Fo. Fo. Ø 250 mm. 01 PZ	450	150	600
Sub - total	U.S.\$ 120,950	27,850	148,800
2. LINEA DE RETORNO DE ELECTROLITO			
Bombas de filtros, Tipo Vertical Ac. Inoxidable, 15 Kw, 1000 Lt/min	20,000	2,000	22,000
Tubería de PVC Ø 250 mm. 210 MT	25,000	6,000	31,000
Tubería de PVC Ø 150 mm. 240 MT	15,000	5,000	20,000
Tubería de PVC Ø 25 mm. 300 MT	1,500	4,000	5,500
Juntas de expansión Ø 250 mm. 10 PZ	700	250	950
Juntas de expansión Ø 150 mm. 10 PZ	300	150	450
Sub - total	U.S.\$ 62,500	17,400	79,900

van:

DESCRIPCION	MONEDA NACION. U.S.\$	MONEDA EXTRAN. U.S.\$	TOTAL U.S.\$
3. LINEA DE EVACUACION DE ELECTROLITO			
Tubería de PVC Ø 200 mm. 300 MT	20,000	6,000	26,000
Tubería de PVC Ø 65 mm. 300 MT	10,000	4,500	14,500
Juntas de expansión Ø 2008 mm. PZ	900	400	1,300
Válvula Ac. Inox. Ø 20" 02 PZ	7,000	2,850	9,850
Sub - total U.S.\$	37,900	13,750	51,650
4. LINEA DE EVACUACION DE LODOS			
Tubería de PVC Ø 150 mm. 300 PZ	18,750	6,250	25,000
Tubería de PVC Ø 65 mm. 300 PZ	10,000	4,500	14,500
Juntas de expansión Ø 150 mm. 14 PZ	450	250	700
Sub - total U.S.\$	29,200	11,000	40,200
5. LINEA RECOLECTORA DE ELECTROLITO			
Bomba LEP, Tipo Vertical, 02 PZ Ac. Inoxidable, 3.7 Kw, 100 Lt/min	10,000	2,000	12,000
Tubería de PVC Ø 65 mm. 100 MT	800	1,500	2,300
Válvulas Ac. Inox. Ø 4" 02 PZ	900	100	1,000
Sub - total U.S.\$	11,700	3,600	15,300
6. LINEA DE AGUA			
Tubería de SUS 304 Ø 40mm. 200 MT	300	11,700	12,000
Válvulas diversas	5,000	5,000	10,000
Sub - total U.S.\$	5,300	16,700	22,000
TOTAL GENERAL U.S.\$	262,550	95,300	357,850

CAPITULO V

SUMINISTRO ELECTRICO Y DISTRIBUCION DE ENERGIA

5.1 SUMINISTRO ELECTRICO A LA REFINERIA

La Empresa Southern Peru Copper Corporation suministra energía eléctrica a la U.P. Refinería de Cobre de Ilo, mediante un convenio con Electro Perú, para recibir energía eléctrica proveniente de la Central Hidráulica de Aricota en Cuajone.

Actualmente la Laguna de Aricota se encuentra en proceso de agotamiento lo que ha motivado una disminución en la producción de energía eléctrica en su Central Hidráulica, afectando notablemente a la S.P.C.C que se ve obligada a generar mayor cantidad de energía térmica que como se sabe tiene un costo superior.

Como consecuencia de este hecho, la Refinería de Cobre de Ilo, se ve afectada senciblemente puesto que la Southern no accede a proporcionar más energía de la que actualmente está suministrando a Minero Perú.

La Ampliación de la Planta Electrolítica absorberá cerca de 1 MW de potencia instalada, la cual no podrá ser cubierta por la S.P.C.C., lo que significa que debe considerarse una Central Diesel Eléctrica de por lo menos 1 MW., aunque lo ideal será preparar un estudio para 2 MW. que pueda absorber una futura Ampliación de

la Planta.

Para efectos del presente Estudio de Factibilidad se considerará una Central Diesel Eléctrica de 1 MW.

5.2 CENTRAL DE GENERACION DIESEL ELECTRICA

La Central Diesel Eléctrica de 1 MW se deberá construir cerca de la Sub-Estación de Transformación de 15 MW que existe actualmente de tal manera que se pueda conectar a la barra de 10 kV, que es la tensión primaria de la Refinería de Cobre de Ilo.

La Central estaría constituida en primera instancia por un grupo generador Diesel de 1 MW de potencia efectiva en un recinto preparado para una ampliación inmediata al doble ó mucho mayor si no se resuelve el Sistema de Interconexión Sur Oeste.

Paralelo al recinto debe construirse el Sistema de Almacenamiento y Alimentación de combustible a la Central Diesel, así como el Sistema de Refrigeración.

El equipamiento consiste en :

- Un Grupo Electrónico Diesel de 1 MW, con su Tablero de mando y control y sistema de arranque.
- Un tablero de conexión a la barra de 10 KVA con sus sistemas de control y protección.
- Un edificio preparado para la Ampliación.
- Un sistema de Tierra.
- Un sistema de Enfriamiento (Preferible Torres)

5.3 CIRCUITO DE CORRIENTE DIRECTA

Para el diseño del Sistema de Corriente Directa se ha hecho un análisis profundo del recorrido de las barras de alimentación a los Blocks adicionales y de la ubicación del punto eléctrico de potencial a tierra cero ó "Punto Cero".

El objetivo principal es de utilizar al máximo las instalaciones existentes y de optimizar el recorrido de de bus bars de tal forma que la ubicación del Punto Cero en lo posible coincida con el centro geométrico del sistema a fin de evitar fugas de corriente que puedan dañar las instalaciones y los equipos.

El circuito de bus bars de la Alternativa II del (Punto 6.6) es técnicamente la más recomendable por que mediante ella se consigue un balance de los potenciales positivo y negativo con respecto a tierra, consiguiéndose a su vez la máxima simetría que determinará un menor riesgo de corrosión, en las estructuras metálicas, en las bombas de circulación y en los recubrimientos de plomo antimonio.

5.3.1 TENDIDO DE BUS BARS

La forma de llevar a cabo el tendido de los Bus Bars para la ampliación de las Celdas Electrolíticas, es pasando dos paquetes de barras por el interior de una canaleta de

aproximadamente de 70 Mt. que constituye el cruce de la Sección Comercial, Nave AB hasta la zona de Ampliación, en cuya ubicación las barras se instalarán en forma idéntica a las barras de los bloques en la Sección Comercial.

Las modificaciones en las barras actuales sólo se presentarán en :

Tramo entre las columnas C/14 - B/14, cerca de la columna B/14 se interrumpirá para unir un paquete de barras al tramo mencionado, y el otro paquete unirlo a las barras que vienen de la Nave AB.

Cerca de la columna C/15 el electrodo (Bus Bars) positivo se conectará a las barras que van a la Ampliación Nave AB y además las barras que entran a Primera Liberadora se unirán con las barras que vienen de la Nave CD.

Por último, se conectará la salida de Láminas de Arranque al electrodo (Bus Bars) negativo.

Para mayor detalle ver Planos No 008-A1 No 009-A1, No 010-A1 y No 011-A1.

5.3.2 CIRCUITO RECTIFICADOR

El sistema rectificador tiene una potencia

disponible de 2,400 KW para la ampliación del cual solo se utilizará 700 KW.

En cuanto al transformador del rectificador de 10,000/290.3 V AC cuya capacidad nominal es de 8,620 KVA y actualmente opera al 76% de su capacidad pero que con la ampliación llegará al 89% y trabajará sin ningun problema, debido a que el diseño del transformador permite hasta un 10 % de sobrecarga con la apropiada refrigeración.

(Ver Plano No 012-A1).

5.4 CIRCUITO DE CORRIENTE ALTERNA

Los tipos de bombas y equipos auxiliares, que se utilizarán estarán de acuerdo a lo indicado en el Proyecto Hidráulico para la carga y descarga de electrolito en la zona de ampliación.

Para el proyecto de ampliación de la nave AB se ha previsto las siguientes cargas :

- 02 Bombas LEP	7.4 KW
- 01 Bomba SP	15.0 KW
01 Agitador de lodos	3.7 KW
01 Bomba de Circulación	55.0 KW
01 Iluminación y Tomacorriente	20.0 KW

T O T A L	101.1 KW

Con los equipos adicionales se llegaria facilmente a 120 KW, incrementando la carga del transformador de la

Casa-Tanque de 2.5 KVA nominal, el cual no implica ningún cuidado de consideración en su normal funcionamiento.

El sistema de iluminación adoptado en el presente proyecto se puede apreciar en el Plano No 013-A1.

En el presente caso se hará un estimado del costo de instalaciones eléctricas en cables, tableros de control y accesorios para la puesta en operación del sistema de circulación del electrolito.

5.5 SISTEMAS AUXILIARES

Los circuitos de aire comprimido para el funcionamiento de los Switches Puentes se tomarán directamente de la tubería madre más cercana.

5.6 COSTOS DE INVERSION

DESCRIPCION	MONEDA NACION. U.S.\$	MONEDA EXTRAN. U.S.\$	TOTAL U.S.\$
1. CENTRAL DE GENERACION DIESEL ELECTRICA			
Grupo electrógeno de 1 MW		500,000	500,000
Tablero de conexión y protección	20,000	80,000	100,000
Edificio y sistema a tierra	85,000		85,000
Transformador de 1.3 KVA	35,000		35,000
Sistema: Petróleo y enfriamiento	25,000		25,000
2. SISTEMA DE ALIMENTACION EN DC			
Barras de alimentación 24,513 KG	106,632		106,632
Barras de distribución 6,289 KG	27,357		27,357
Barras de derivación 21,280 KG	92,518		92,568
Aisladores y soportes	1,000	2,000	3,000
Switch Puente (05 PZ)	20,000	200,000	220,000
4. SISTEMA DE ALIMENTACION EN CA			
Instalación tablero bomba 55 KW	5,000		5,000
Cable No 2/0 bomba de 55 KW 400 MT	3,000		3,000
Cable No 2/0 para bombas pequeñas	3,000		3,000
Tablero arranque bombas pequeñas	4,000		4,000
Iluminación y tomacorrientes 20 KW	3,000		3,000
4. SISTEMAS AUXILIARES			
Canaleta concreto para bus bars	7,000		7,000
Sistema de aire comprimido	5,000		5,000
Losas aislantes 20 x 11 cm.	3,000		30,000
TOTAL GENERAL	U.S.\$	812,000	1'257,557

CAPITULO VI

CORROSION POR FUGAS DE CORRIENTE EN LA LINEA DE CELDAS ELECTROLITICAS

6.1 INTRODUCCION

Se produce pérdidas de corriente en el Circuito Eléctrico DC debido a:

Falla del revestimiento interno por golpe imprevisto ó fatiga del material.

Deficiente aislamiento en el montaje de los equipos tales como: Bombas, Intercambiadores de calor, etc.

Falta de aislamiento en los soportes de los bus bars y/o tuberías de PVC - FRP, por deterioro de las losas aislantes.

Como resultado de ello, se origina la corrosión en el concreto (muros, columnas, pisos, etc.) , en el acero de las estructuras y en todos los elementos metálicos inmersos en el electrolito tales como bombas de circulación, bombas de filtros, recubrimientos de plomo antimonial, indicadores de nivel y de temperatura, etc.

6.2 CASO IDEAL

Considerando hipotéticamente, que el circuito eléctrico de la Refinería de Cobre de Ilo, en las Naves AB y CD cuente tan solo con 48 secciones (768 celdas) en serie, y con un voltaje de 192 V, tal como se muestra en el

Diagrama No 9, se tiene que:

Cada mitad del circuito de 24 secciones (01 Nave) posee una caída de potencial de 96 V.

El voltaje de una sección (16 celdas) es de 4 V y el voltaje por celda 0.25 V.

Los potenciales más altos se manifiestan en la sección No 1 (+ 96 Voltios) y la sección No 48 (- 96 Voltios); donde la diferencia de potencial entre las secciones No 1 y No 48 será:

$$96 - (-96) \quad 192 \text{ V}$$

El potencial a tierra igual a cero ó "Punto Cero" se ubicará entre las secciones No 24 a 25 y coincide con el centro geométrico del sistema y permanecerá fijo mientras no exista fugas de corriente a tierra en algún punto del circuito.

En este caso ideal existirá una diferencia de potencial cercana a 1.0 Voltios, entre los electrolitos de ambas Naves en los tanques de circulación y de cabeza, pero, la velocidad de corrosión será mínima en los elementos sumergidos en el electrolito.

6.3 CASO IDEAL CON FUGA DE CORRIENTE A TIERRA

Si ocurriera fugas de corriente ya sea debido al mal aislamiento del equipo ó porque el revestimiento de la celda ha sido dañado en un punto de la Nave AB ó Nave

CD, el punto cero del circuito eléctrico abandonará el centro geométrico y se ubicará cerca ó en el punto de fuga produciendo un desequilibrio eléctrico del sistema, pues los potenciales de todas las secciones con respecto a tierra han variado, igualmente los potenciales de los electrolitos, incrementando los riesgos de corrosión.

Evidentemente, la diferencia de potencial en cualquier punto del sistema permanece constante ya que al hacer su medición no presenta ninguna anomalía sin embargo el problema está ocurriendo. Ver Diagrama No 10

6.4 CASO ACTUAL

En nuestro caso, el circuito eléctrico del Rectificador de 21 KA tiene, adicionalmente, las secciones de Láminas de Arranque (SST) y de Primera Liberadora (1L), que rompen la simetría del sistema.

En condiciones ideales de aislamiento máximo se tiene una asimetría del circuito eléctrico, y el potencial del electrolito en los tanques de circulación y de cabeza de Nave CD es - 1.2 Voltios con alto riesgo de corrosión por el mal aislamiento de los elementos inmersos en el electrolito. Ver Diagrama No 11.

6.5 CASO ACTUAL CON FUGA DE CORRIENTE A TIERRA

Cuando se han tenido fallas de aislamiento en un punto extremo de la Nave CD ó AB, las consecuencias han sido

graves; así como: Quemaduras de las paredes de las celdas con corrosión de las estructuras, que obligaba a poner fuera de operación el block, fuerte incremento en la velocidad de corrosión de las bombas CP y FP mal aisladas en los tanques de circulación y de filtrado. Ver Diagrama No 12.

6.6 CASO AMPLIACION DE LA NAVE AB

Para el Proyecto Ampliación Nave AB, en base a los casos anteriores, se extraen algunas consideraciones sobre la incidencia de las fugas de corriente a tierra. Es evidente que mientras mayor sea el potencial del sistema a tierra, la probabilidad de fuga de corriente será de mayor magnitud y, por lo tanto, de mayor riesgo las quemaduras de celdas y de corrosión de los elementos metálicos inmersos en el electrolito.

ALTERNATIVA I

De acuerdo al circuito eléctrico del Diagrama No 13, la asimetría del sistema queda incrementada y las fugas de corriente por fallas de aislamiento serán de mayor probabilidad y por lo tanto, con daños mayores.

ALTERNATIVA II

Mediante el circuito eléctrico del Diagrama No 14, se consigue disminuir en un 64% la asimetría del sistema actual, se uniformiza la circulación de electrolito en

celdas de igual polaridad y se tiene una alta probabilidad de disminución del potencial del electrolito en los tanques de circulación, lo que implica un menor riesgo de corrosión.

En las Alternativas I y II, el aislamiento del circuito eléctrico, respecto a tierra, debe extremarse por cuanto una falla ocasionaría problemas de mayor gravedad que los medidos con el arreglo actual.

6.5 CONCLUSIONES

El circuito eléctrico actual del Rectificador de 21KA es asimétrico, el cual puede corregirse con las secciones de Ampliación.

Las fallas en el aislamiento del sistema respecto a tierra, originarán fugas de corriente y los daños que ocasionarán depende del potencial y del punto donde se origina la falla en el aislamiento.

El Diagrama No 15 muestra el Circuito Eléctrico Original y el Diagrama No 16 el Circuito Eléctrico DC Ampliado; el mismo que recoge las bondades de la Alternativa II, previa disponibilidad para el cambio de polaridad en el Rectificador de 21 KA; a fin de evitar pérdidas de producción.

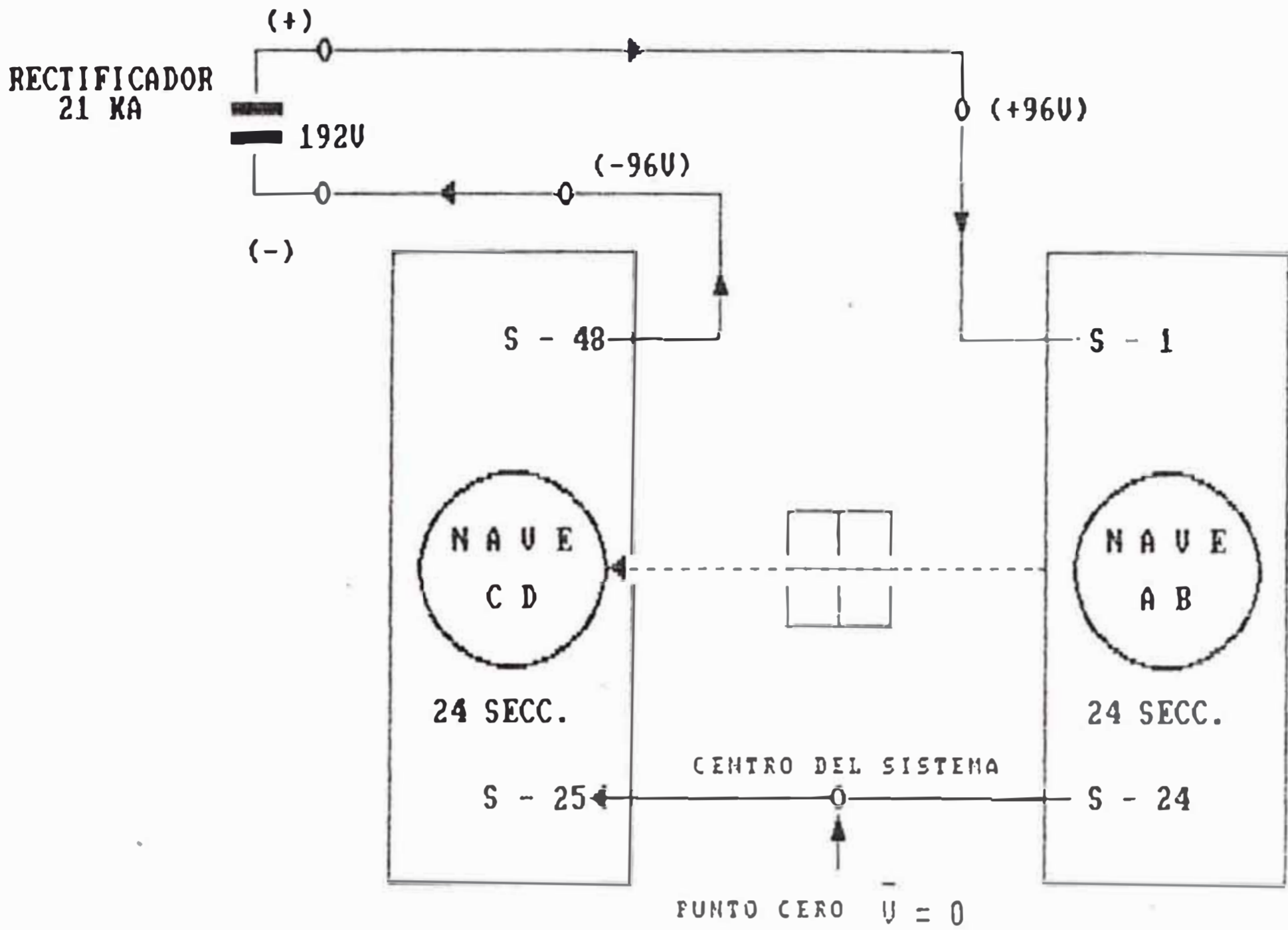


DIAGRAMA No 9 : CASO IDEAL

DIFERENCIA DE POTENCIAL DEL ELECTROLITO EN LOS TANQUES
 $= 0.5 U - (-0.5 U) = 1.0 \text{ VOLTIOS}$

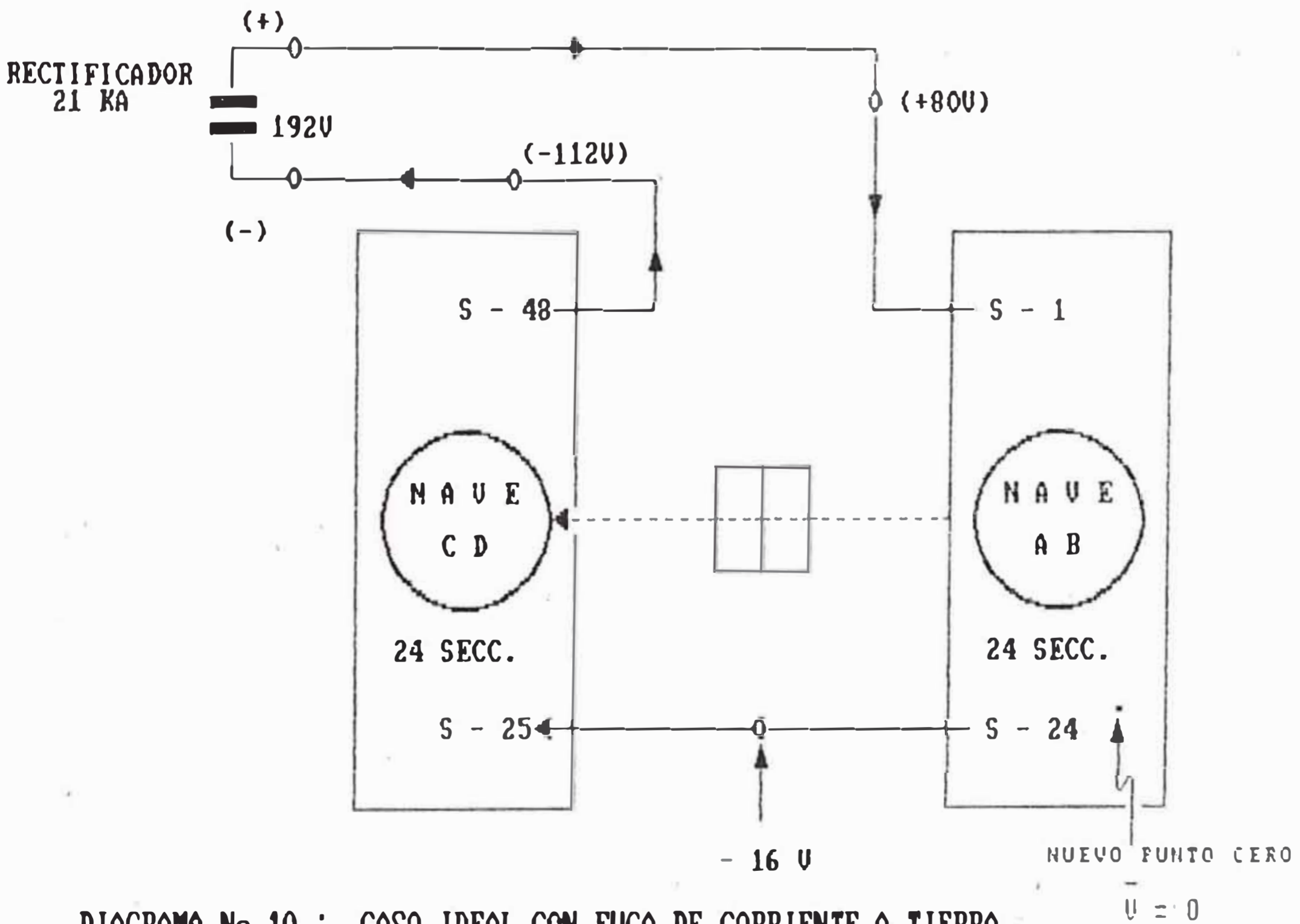


DIAGRAMA No 10 : CASO IDEAL CON FUGA DE CORRIENTE A TIERRA

DIFERENCIA DE POTENCIAL DEL ELECTROLITO EN LOS TANQUES
 $= -2.0 U - (-3.0 U) = 1.0 \text{ VOLTIOS}$

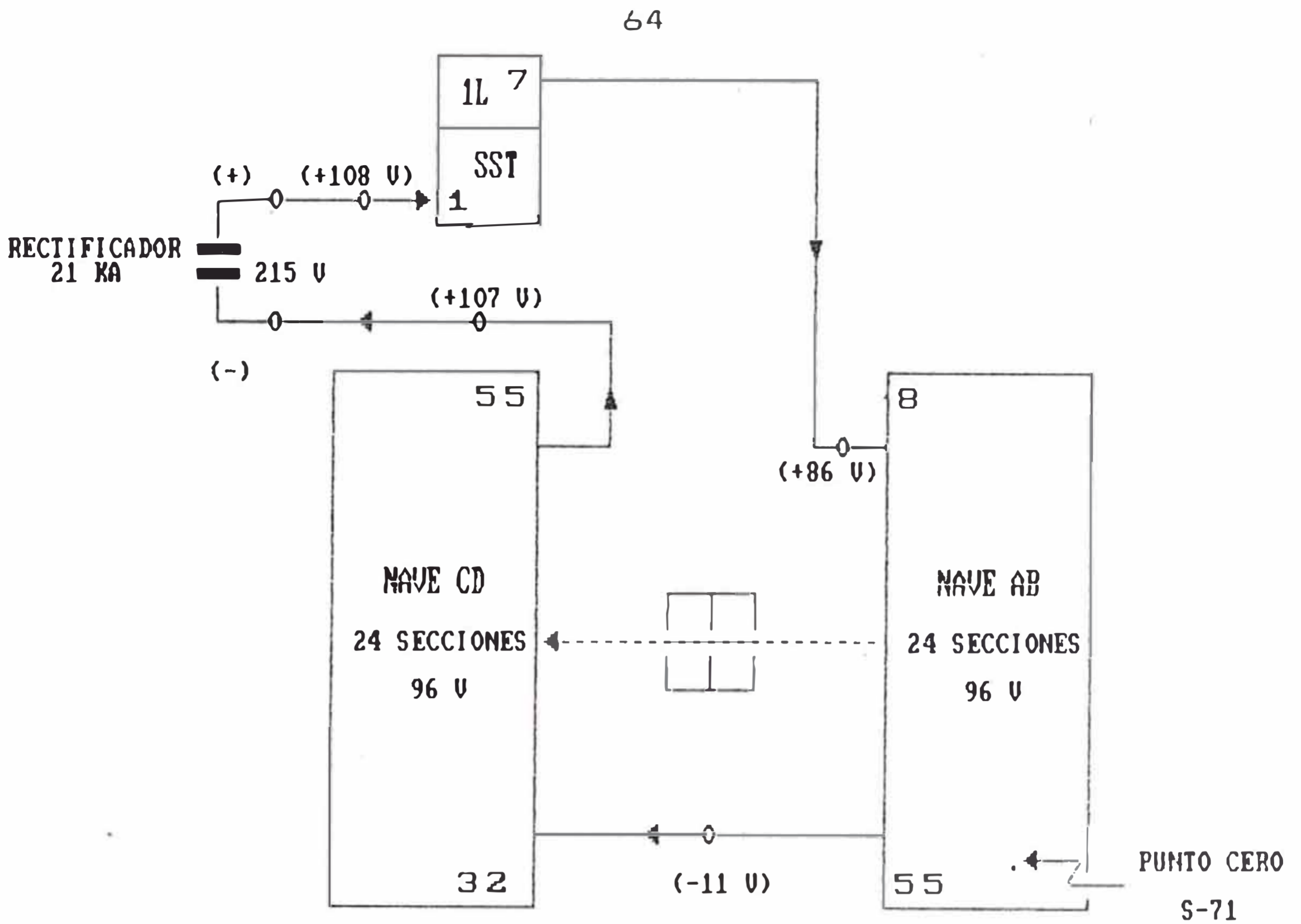


DIAGRAMA No 11 : CASO ACTUAL

DIFERENCIA DE POTENCIAL DEL ELECTROLITO EN LOS TANQUES

$$= 0.3 \text{ V} - (-1.5 \text{ V}) = 1.2 \text{ VOLTIOS}$$

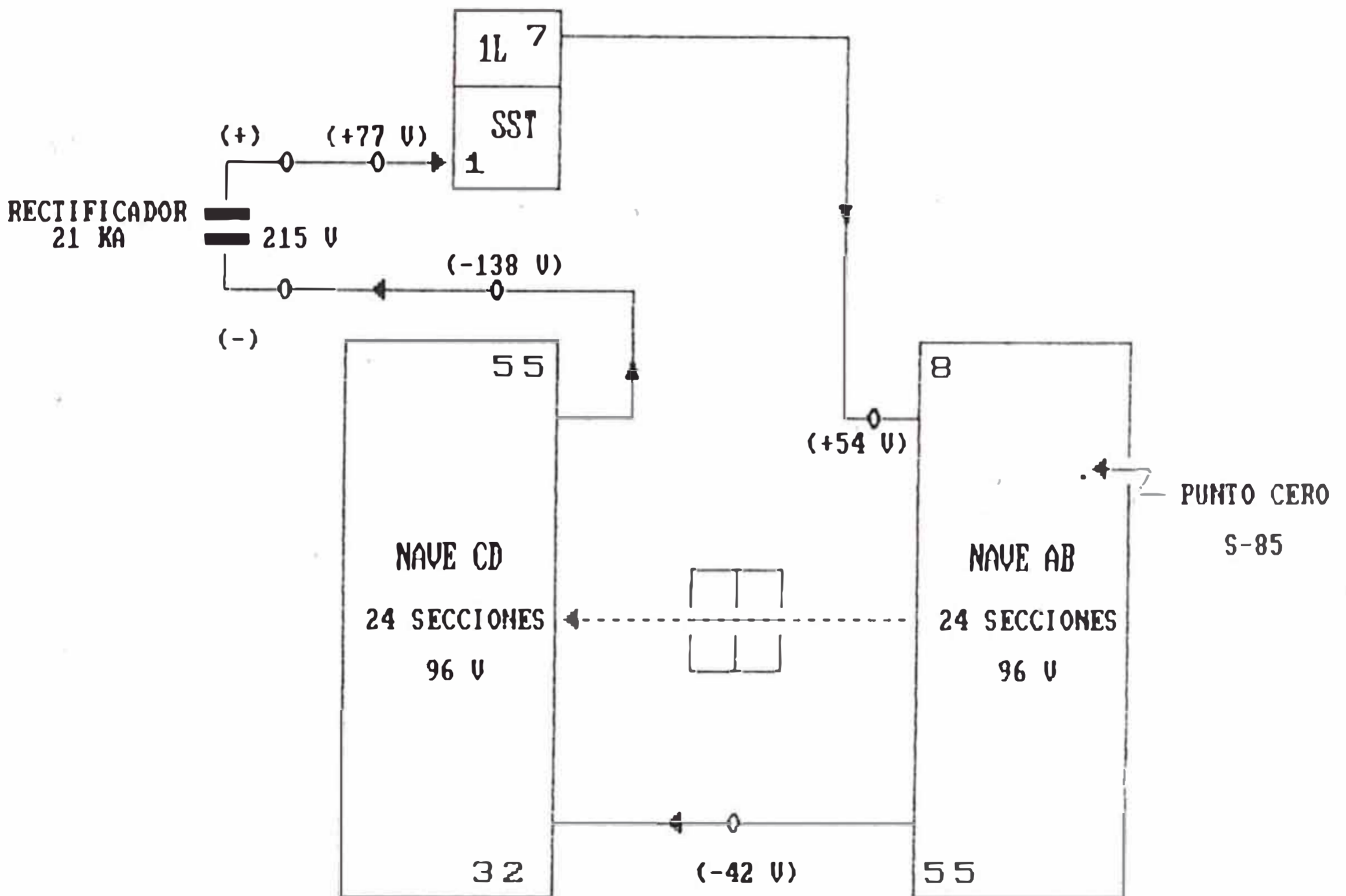


DIAGRAMA No 12 : CASO ACTUAL CON FUGA DE CORRIENTE A TIERRA

DIFERENCIA DE POTENCIAL DEL ELECTROLITO EN LOS TANQUES

$$= 0.3 \text{ V} - (-1.5 \text{ V}) = 1.2 \text{ VOLTIOS}$$

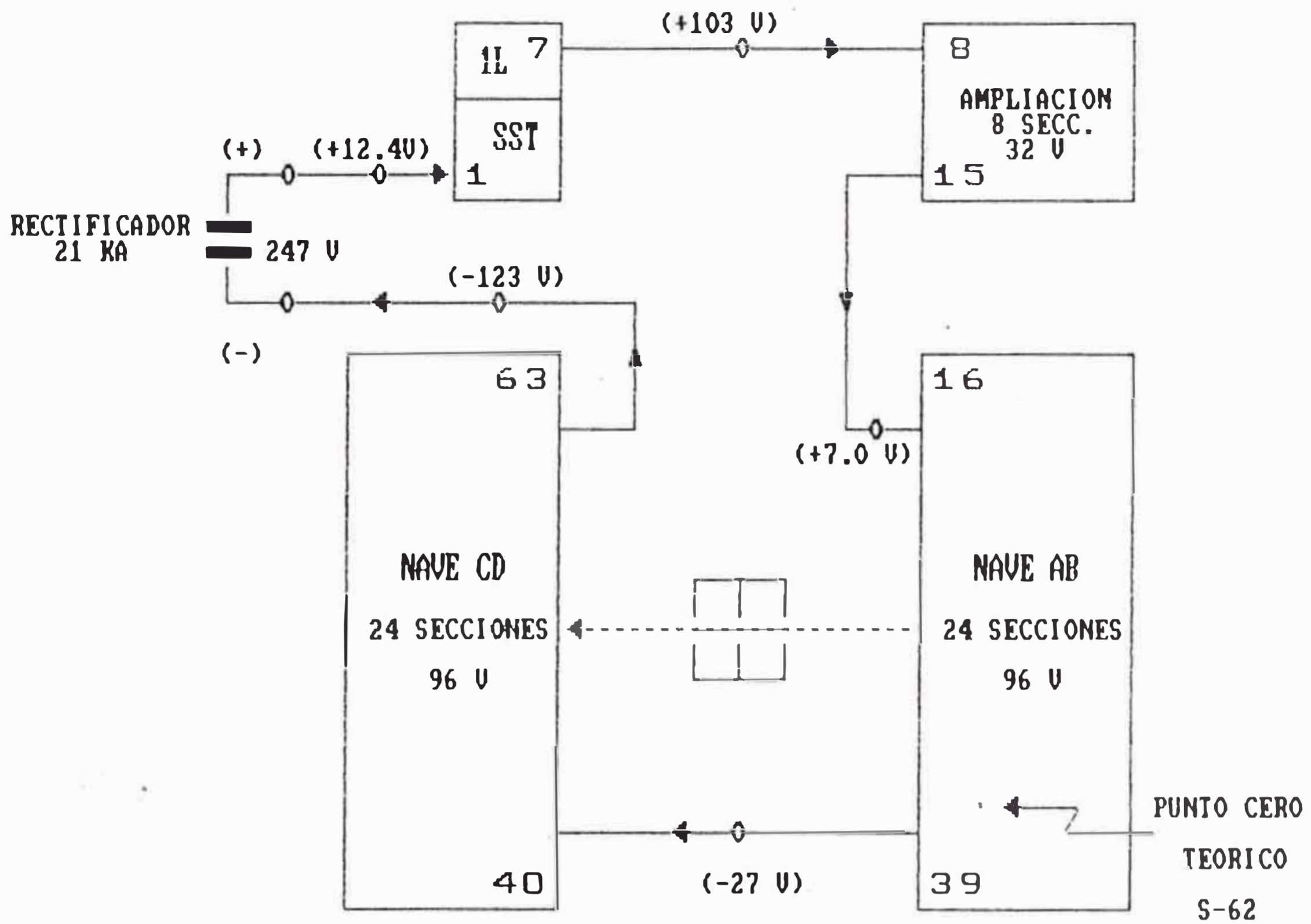


DIAGRAMA No 13 : ALTERNATIVA I : CONEXION A RAMAL POSITIVO

DIFERENCIA DE POTENCIAL DEL ELECTROLITO EN LOS TANQUES

$$= 0.3 \text{ V} - (-1.5 \text{ V}) = 1.2 \text{ VOLTIOS}$$

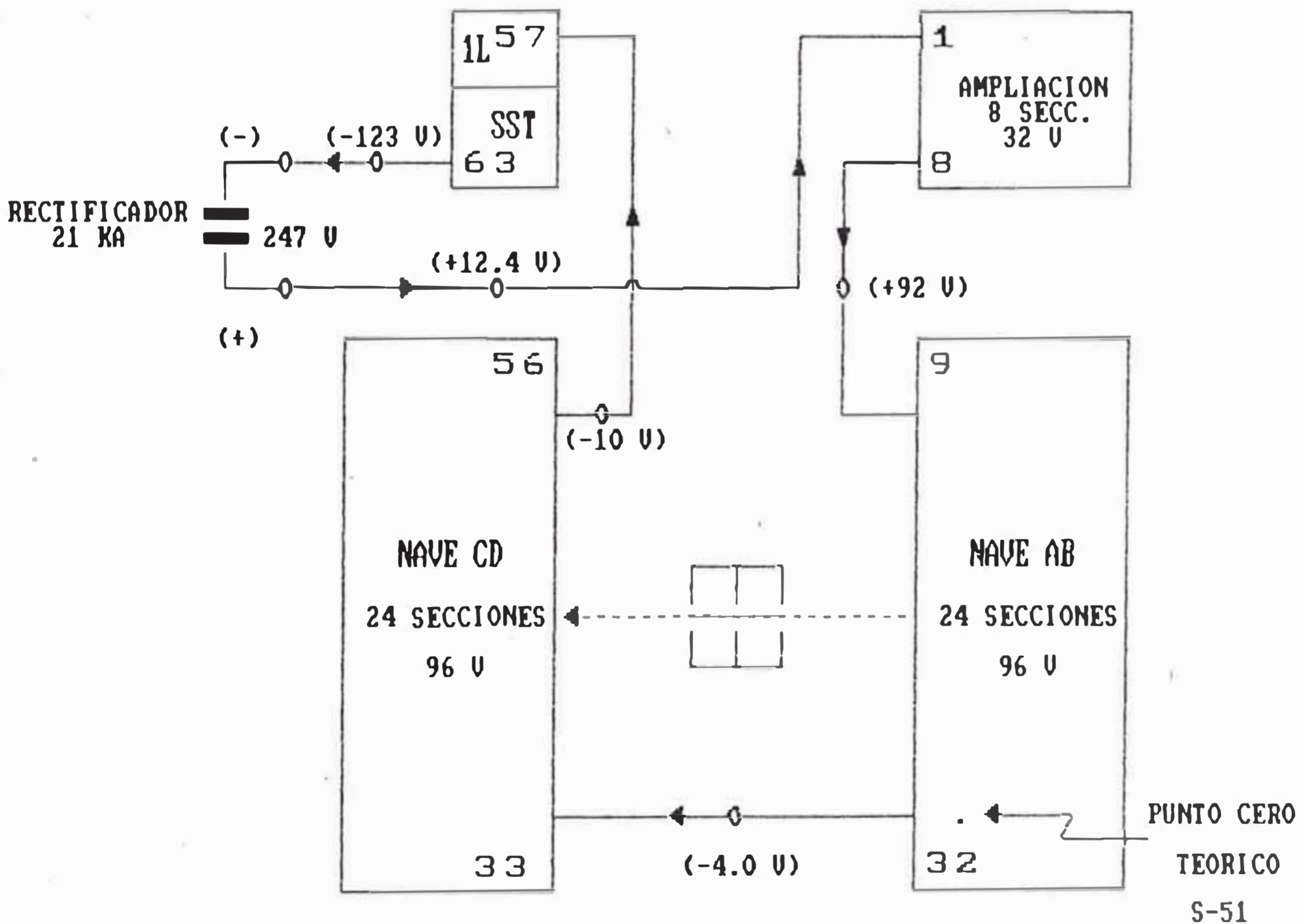


DIAGRAMA No 14 : ALTERNATIVA II : CONEXION DE SST Y 1L A RAMAL NEGATIVO

DIFERENCIA DE POTENCIAL DEL ELECTROLITO EN LOS TANQUES

$$= 0.3 \text{ V} - (-1.5 \text{ V}) = 1.2 \text{ VOLTIOS}$$

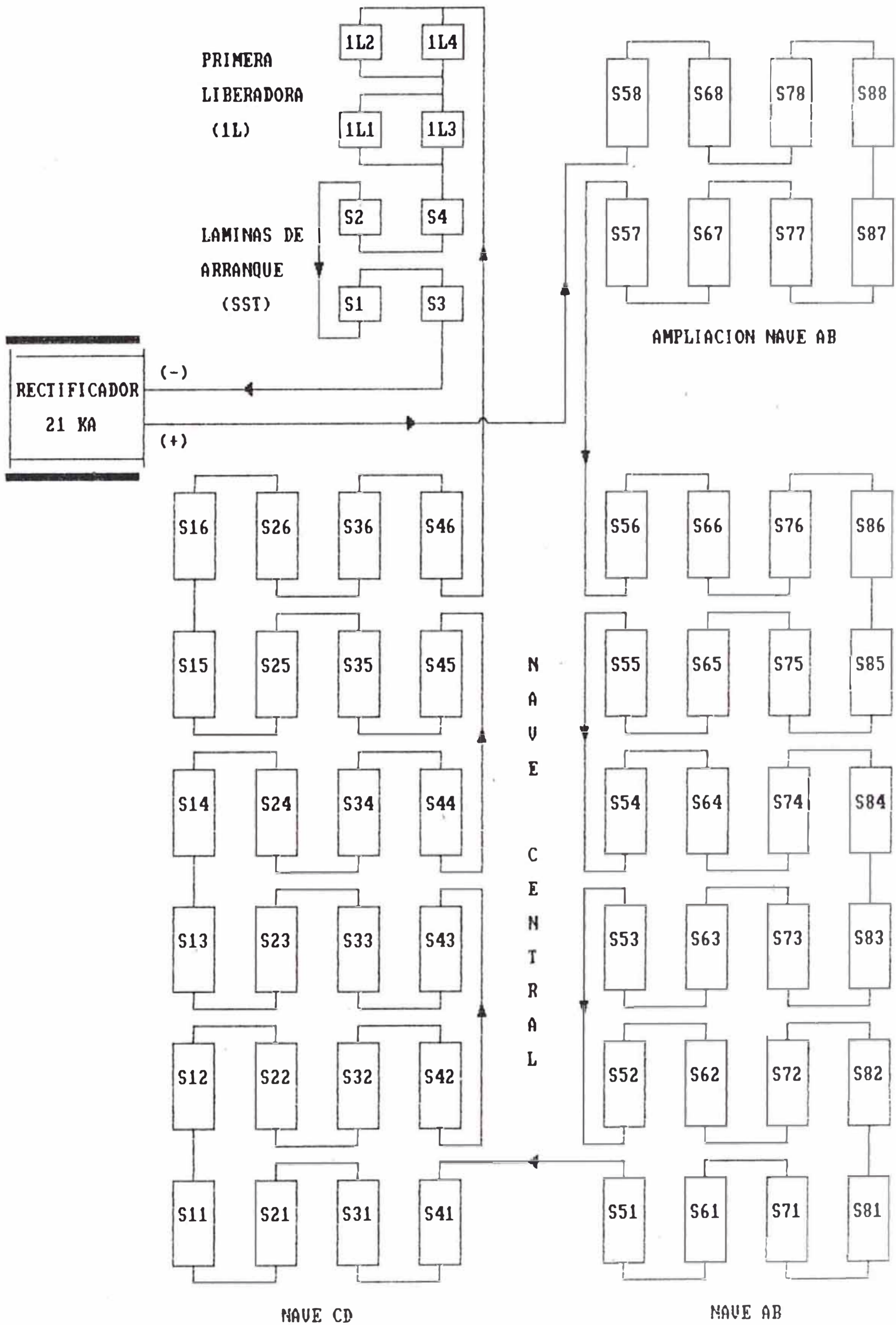


DIAGRAMA No 16 : CIRCUITO ELECTRICO DC - AMPLIADO

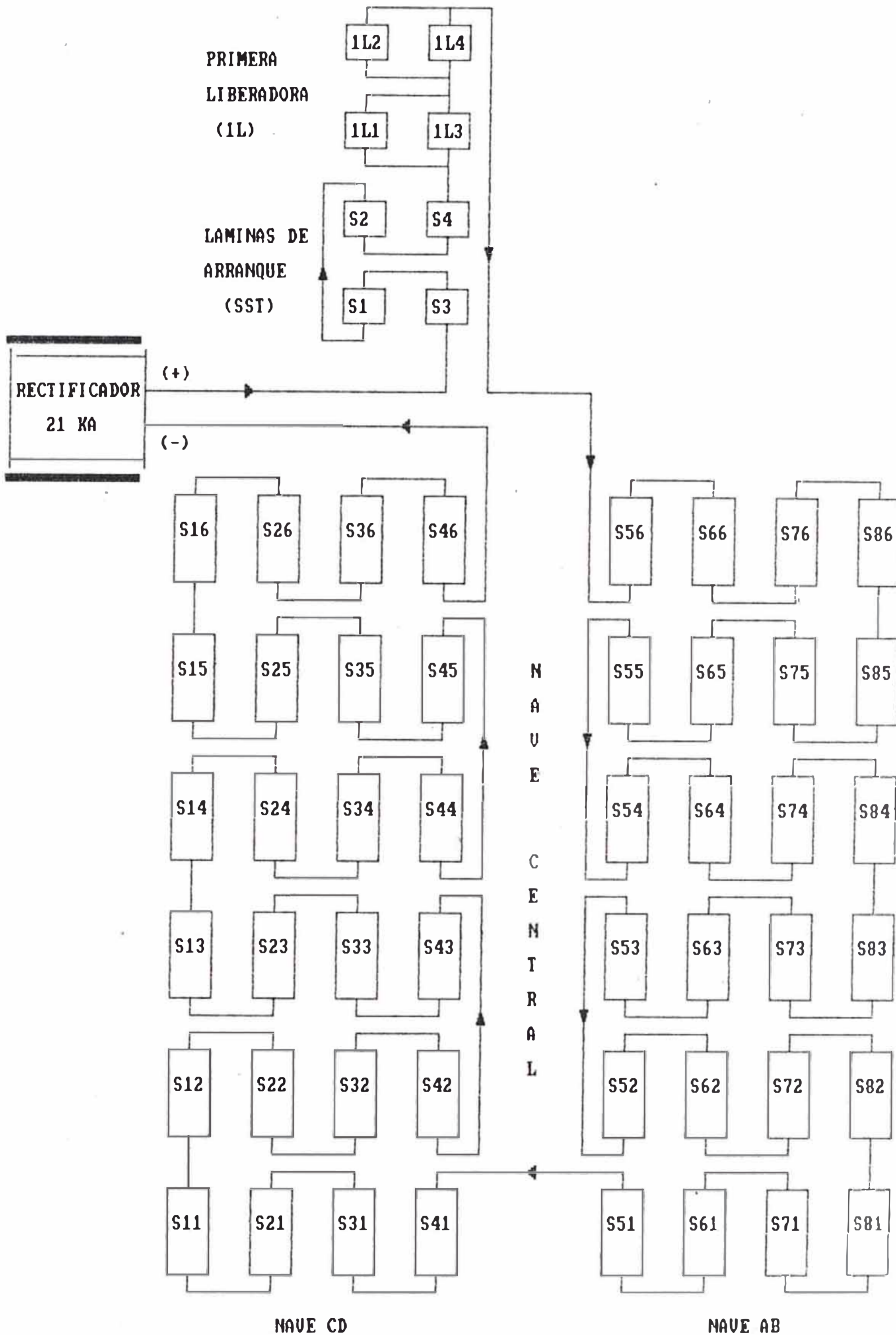


DIAGRAMA No 15 : CIRCUITO ELECTRICO DC - ORIGINAL

CAPITULO VII

MODIFICACION DE LAS OPERACIONES

7.1 INCREMENTO DE PRODUCCION DE ANODOS

El objetivo del presente estudio es plantear un sistema adecuado que permita incrementar la actual producción de ánodos en 29,000 TM/año de acuerdo a los requerimientos del Proyecto de Ampliación de la Nave AB (128 celdas electrolíticas).

A continuación se presenta un resumen de las distintas alternativas de incremento de producción a partir del cual seleccionamos la más conveniente.

Finalmente se da a conocer las recomendaciones que deben tomarse en cuenta para la ejecución del mismo en el mediano y largo plazo.

7.1.1 ALTERNATIVAS DE INCREMENTO DE PRODUCCION DE ANODOS

A) Ampliación de la Capacidad de Diseño de los Hornos Maerz

Consiste en modificar las actuales dimensiones internas de diseño de los Hornos Maerz, de tal manera que permitan incrementar su capacidad de 330 T.M. a 385 T.M. para cumplir con las necesidades del Proyecto de Ampliación de la Nave AB.

Incremento de producción de ánodos: 35,000 TM/año.

Ejecución : De mediano plazo (1 a 2 años).

Coordinaciones : Directas con los fabricantes de Hornos Maerz.

B) Tratamiento de cobre Blister líquido

Consiste en traer cobre blister líquido directamente de la Fundición de S.P.C.C. de Ilo, usando medios de transporte adecuado denominados "Carros Torpedo".

Esto implica un ahorro en el consumo de energía y tiempo de proceso en el orden de 30 a 40%.

Incremento de producción de ánodos : 30,000 TM/año (2-3 coladas/día).

Ejecución : De largo plazo (3-5 años).

Involucra : El estudio y desarrollo del proyecto, gestiones directas con S.P.C.C. y gestiones de financiamiento de largo plazo.

C) Tratamiento de Recirculante Refinado en Horno Vertical (Tipo Asarco)

Consiste en adquirir un horno vertical de colada continua de 15 TM/hr. con la finalidad de fundir específicamente material recirculante como ánodos corroidos, láminas,

desechos, nódulos, cátodos rechazados, etc.
interconectando al sistema de moldeo actual.

Incremento de capacidad de producción : 50,000
TM/año de ánodos de cobre.

Ejecución : De largo plazo (3-5 años).

D) Reprogramación de las Operaciones de los Hornos Maerz con Mantenimiento Preventivo Diario

Consiste en efectuar coladas todos los días del mes en turnos A y C ó B y C alternativamente en forma general.

Incremento de capacidad de producción : 38,000
TM/año de ánodos de cobre.

Ejecución : A corto plazo.

7.1.2 SELECCION Y DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA

Debido a la premura del tiempo para la puesta en marcha del proyecto de ampliación de la Nave AB, se ha seleccionado la alternativa (D) porque es más viable y su ejecución es de corto plazo. El cual procedemos a describir :

- REFERENCIA : CASO ACTUAL

El programa actual de operaciones consiste en el procesamiento del cobre blister durante 6 días a la semana, 2 coladas diarias de 330 TM.

Las coladas se realizan en los turnos A y B de martes a domingo. El lunes de cada semana se hace el mantenimiento de los hornos y eventualmente es usado para recuperar coladas de emergencia o para almacenar ánodos previo a la reparación de uno de los hornos.

Teóricamente el programa actual permite producir hasta 196,500 TM/año.

Para producir 150,000 TM de cátodos de cobre se requieren 180,000 TM de ánodos.

En el año 1987 se ha producido 309 TM/colada necesitándose 600.5 coladas (300 días) para satisfacer nuestras necesidades.

- REFERENCIA : CASO AMPLIACION NAVE AB

Alternativa "D"

La colada se realiza todos los días del mes en turnos A y C ó B y C alternativamente, con mantenimiento preventivo diario.

Mediante esta alternativa se puede incrementar la capacidad de producción en 38,000 TM/año teóricamente, recargando los hornos Maerz en aproximadamente 6% de su capacidad actual de operación y efectuando 60 coladas Standard por mes de ánodos, considerando una colada Standard igual a 326 TM.

7.2 OPERACIONES EN EL CIRCUITO COMERCIAL

El objetivo del presente estudio es plantear un sistema adecuado que permita efectuar las operaciones de cambio de electrodos, inspección de celdas y control de fluidos, de tal forma que satisfaga los requerimientos de Planta Electrolítica en su circuito comercial una vez que entre en operación el Proyecto de Ampliación de la Nave AB.

Se presenta un resumen de distintas alternativas de operación del circuito comercial ampliado, después de un análisis se selecciona en función de los factores operativos la mejor alternativa que cumpla con los objetivos propuestos.

Finalmente se da las recomendaciones que deben tomarse en cuenta como necesidades previas a la puesta en marcha del Proyecto de Ampliación de la Nave AB.

7.2.1 ALTERNATIVAS DE OPERACION DEL CIRCUITO COMERCIAL AMPLIADO

A) Sistema Continuo (SC-1) : Cambio de electrodos de 2 blocks en Turnos A y B

Consiste en variar el actual programa de cambio de electrodos en el circuito comercial que involucra 2 blocks/día en turnos A y B durante 6 días a la semana, por un sistema que permita efectuar el cambio de electrodos

en 2 blocks/día en turno A y B durante todos los días de la semana. Este sistema implica emplear el día actualmente destinado para mantenimiento preventivo.

B) Sistema Continuo (SC-2) : Cambio de electrodos de 2 blocks diarios en Turnos A y C ó B y C

Comprende la variación del programa actual de cambio de electrodos, de tal modo que permita efectuarse durante los días de la semana (07) en turnos A y C ó B y C. Este sistema involucra la utilización del tiempo actualmente destinado para mantenimiento preventivo 1 día por semana . El mismo que se efectuaría en un turno por día A ó B .

C) Sistema Periodico (S.P.)

En este sistema, el cambio de electrodos se realizaría de la siguiente manera :

02 blocks en turnos A y B durante 4 días a la semana.

03 blocks en turnos A, B y C durante 02 días a la semana.

Esta programación permite disponer de 01 día a la semana para mantenimiento preventivo como el actual programa.

7.2.2 SELECCION Y DESARROLLO DE LA ALTERNATIVA

En el Cuadro No 8 se muestra los factores considerados para efectuar la selección de la alternativa más viable.

CUADRO No 8
SELECCION DE ALTERNATIVAS DE OPERACION

F A C T O R	ALTERNATIVA		
	SC-1	SC-2	SP
Mantenimiento preventivo	XXXX	XXX	-
Operaciones en SST:			
.. Cambio de electrodos			
: M-A (comercial)	XXX	XX	-
: M-B (comercial)		XX	-
.. Deslaminado			-
Operaciones en Purificac.			-
Disponibilidad de máquina:			
.. Espaciadora de ánodos			
: M-A (SST)	XX	XX	-
: M-B (SST)		XX	-
.. Grúas			-
.. Lavadora de Cátodos			-

Leyenda :

SST : Láminas de Arranque

M-A : Sistema de operación de SST Mixto - A

M-B : Sistema de operación de SST Mixto - B

X : Grado de interferencia de operaciones.
operaciones.

Como resultado del análisis del Cuadro No 8, se determina que la alternativa más viable es la

"C" referido al Sistema Periódico (S.P.) complementado con la alternativa M-B (comercial) desarrollado para láminas de arranque el mismo que se describe a continuación :

- REFERENCIA : CASO ACTUAL

Operaciones :

Las operaciones del circuito comercial se agrupan en :

- . Extracción del producto (cátodos), ánodos corroidos y lodo anódico de las celdas electrolíticas cada 14 días.
- . Cambio de electrodos, inspección de celdas y control de fluidos.

Mantenimiento :

El mantenimiento preventivo en este caso se desarrolla principalmente en función de la disponibilidad de equipo y maquinaria 01 día/semana.

Casos de emergencia :

Para casos de emergencia por imprevistos tales como retrasos operativos, falta de materiales, paros laborales, etc., se dispone de la holgura de 1 día/semana para corregir los defectos mencionados anteriormente.

Almacenamiento del producto :

El área de distribución actual de almacenamiento de cátodos tiene una capacidad de hasta 130 paquetes aproximadamente de 4 TM/paquete.

Lo que constituye 1 lote diario de producción (500 TM) de cátodos semanalmente.

Personal :

La cantidad de mano de obra directa de acuerdo a las actuales operaciones es la siguiente :

	No de <u>personas</u>
Cambio de electrodos	53
- Inspección de celdas	34
- Control de fluídos	04
Total	91 Personas

- REFERENCIA : CASO AMPLIACION NAVE AB
Alternativa "C"

Operaciones :

Las operaciones del circuito comercial ampliado se agrupan en :

- . Extracción del producto (cátodos), ánodos corroídos y lodo anódico de las celdas eletrolíticas cada 14 días.
- . Cambio de electrodos en los turnos A y B

para no interferir con la operación de cambio de electrodos en SST, que están programados para el turno C, ya que en ambos casos usan un solo equipo común (TK. de intercambio SST, filtro, pozo de lodos, bombas, etc.); además se continuará con la inspección de celdas y control de fluidos.

Mantenimiento :

El mantenimiento preventivo en este caso se realiza teniendo en cuenta la disponibilidad del equipo y maquinaria del circuito comercial de la planta electrolítica de acuerdo al siguiente cuadro :

CUADRO No 9

DISPONIBILIDAD DE MAQUINAS PARA MANTENIMIENTO

		Turnos disponibles		
Sistema	Máquina	Dom.	Mié.	Jue.
Actual	MLC	CABC		
	MEA	CA-C		
	MLAC	CA-C		
	Grúas	A	A	
Propuesto	MLC			ABC
	MEA			ABC
	MLAC			ABC
	Grúas			A

Leyenda :

MLC : Máquina lavadora de Cátodos

MEA : Máquina espaciadora de ánodos

MLAC : Máquina lavadora de ánodos corroidos

Casos de emergencia :

Para casos de emergencia por imprevistos tales como retraso de las operaciones por desabastecimiento de materias primas, paros laborales, etc.; se dispone de 01 día/semana en turnos (A, B y C) y 04 días/semana en el turno C para corregir los defectos mencionados.

Almacenamiento del producto :

En función del número de plataformas que disponga nuestro cliente S.P.C.C., para el despacho de cátodos y del área asignada para su almacenamiento en la RCu Ilo, el actual sistema de entrega de cátodos variaría de 06 a 07 lotes por semana, de aproximadamente 495 TM./Lote.

De acuerdo a la alternativa propuesta para el Proyecto Ampliación Nave AB, la producción de los turnos A y B se ubicaría en el lado sur del patio de lavado de paquetes de cátodos y la producción del turno C de los días lunes y miércoles se ubicaría al lado nor-este.

Personal :

La cantidad de personal requerido para el Proyecto Ampliación Nave AB es de 18 personas agrupados de la siguiente forma :

	<u>No de personas</u>
Cambio de electrodos	13
Inspección de celdas	01
Control de fluidos	04
Total	18 personas

La distribución del personal se hara mediante el sistema secuencial con día libre fijo.

7.3 RECOMENDACIONES

Incremento de producción de ánodos :

Del análisis de las diversas alternativas efectuadas, para incrementar la actual producción de ánodos resulta como la más recomendable para la puesta en marcha del Proyecto Ampliación de celdas Nave AB, la referente a "Operación continua de los Hornos Maerz con mantenimiento preventivo diario", por cumplir con los requerimientos de incremento de producción, mantenimiento preventivo adecuado, mínimo personal y de aplicación inmediata.

Será necesario modificar el actual programa de reparaciones totales y parciales del refractario de

los Hornos, de tal forma que solo se efectuó una de ellas por año, debido a limitaciones operativas, de mantenimiento, y sobrestock de cobre en proceso.

El número de personal adicional requerido en Planta de Anodos es de 2 personas.

Operación en el circuito comercial ampliado

- Del análisis de las diversas alternativas para la operación del circuito comercial ampliado, resulta como la más recomendable para la puesta en marcha del Proyecto Ampliación Nave AB la referente al Sistema Periodico (S.P.), la cual propone lo siguiente :

- . En 2 blocks, se efectuaría el cambio de electrodos en los turnos A y B, durante 4 días a la semana.
- . En 3 blocks, el cambio de electrodos se realizaría en los turnos A,B y C, durante 2 días a la semana.
- . El mantenimiento preventivo dispone de la maquinaria y equipo, 01 día a la semana.

El sistema periodico de operación es complementado con la alternativa M-B (comercial), desarrollada para láminas de arranque.

El número de personal requerido, es de 18 personas, mediante el uso de rol secuencial con día libre fijo.

CAPITULO VIII

EVALUACION ECONOMICA

8.1 GENERALIDADES

Antes de invertir capital en un proyecto, es necesario saber cual es la ganancia que puede obtenerse y si sería o no ventajoso invertir el capital en otro proyecto.

De esta manera, la determinación, y el análisis de las ganancias que puede obtenerse mediante inversiones de capital y la elección de la mejor inversión entre diversas alternativas constituye una de las finalidades más importantes de una evaluación económica.

8.2 METODO MATEMATICO PARA EVALUACION DE LA RENTABILIDAD

Los métodos recomendados por L9 (Bibliografía), página 430, para evaluar la rentabilidad de un proyecto son :

- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).
- Costo Equivalente Anual (CEA).
- Relación Beneficio-Costo (R B/C).

Los métodos seleccionados para evaluar el presente proyecto son el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), en base a estos indicadores se toma la decisión de realizar el Proyecto.

El VAN consiste en traer al presente (fecha en que se hace la inversión de capital) las ganancias que genere el proyecto durante su tiempo de vida y que practicamente define las bondades del mismo.

8.3 ANALISIS ECONOMICO

En el presente estudio se analiza la factibilidad económica del Proyecto de Ampliación Nave AB en 24,000 TM/Año de Cátodos adicionales.

8.3.1 INVERSION

Resumen

La inversión necesaria para ampliar la Refinería de Cobre de Ilo mediante el Sistema Convencional a razón de 24,000 TM/año asciende a la suma de U.S. \$ 7'139,000 a precios de 1986.

El desagregado de la inversión por tipo de moneda desembolsarse durante la etapa de construcción es la siguiente :

RUBRO	MILLONES U.S. \$	
Moneda Nacional	5.585	78 %
Moneda Extranjera	1.554	22 %
	7.139	100 %

Con fines de evaluación, la distribución que presentaría la inversión es la siguiente :

RUBRO	MILLONES U.S. \$	
Moneda Nac. de la inv. fija	1.521	21 %
Moneda Ext. de la inv. fija	1.554	22 %
Impuestos	0.923	13 %
Intereses Pre-Operativos	0.428	6 %
Capital de Trabajo	2.713	38 %
Inversión total	7.139	100 %

Criterios Utilizados

Para el cálculo de los costos de inversión se han utilizado los siguientes criterios :

Unidad Monetaria

Los costos de inversión han sido expresado en dólares americanos de 1986.

Construcción

La implementación del proyecto se considera que se efectuaría en el lapso de un año.

Fletes, Seguros y Derechos de Importación.

El estimado de este rubro se ha realizado en base a los equipos a importarse, tomando como referencia el precio FOB para el caso de fletes y seguros y el precio CIF para los derechos de importación vigentes.

Capital de trabajo

Se ha calculado en base a la cantidad inicial

necesaria de cobre blister y ánodos para llenar las celdas electrolíticas adicionales considerandose los siguientes factores:

- . Stock de blister mínimo
- . Cobre en los Hornos y en proceso de carguío, fusión y moldeo
- . Cobre en Celdas Electrolíticas
- . Anodos de cobre en stock

Con respecto a la puesta en marcha del Proyecto el capital de trabajo se ha estimado en base a los materiales existentes, recursos humanos y recursos financieros necesarios para dicho fin.

Distribución de la inversión

En el Cuadro No 10 se presenta el desagregado de la Inversión Total distribuida en sus rubros mas significativos, tanto en moneda nacional como en moneda extranjera.

CUADRO No 10INVERSION TOTAL

(MILES U.S.\$)

DESCRIPCION	MONEDA NACIONAL	MONEDA EXTRANJERA	TOTAL
INVERSION FIJA			
OBRAS CIVILES	503	100	603
REDES DE FLUIDOS Y LODOS	95	263	358
SUMINISTRO Y DISTRIBUCION DE ENERGIA	446	812	1,258
SUB-TOTAL I	1,044	1,175	2,219
EMBALAJE (2%), FLETES (8%) Y SEGUROS (7%)	34	176	210
SUB-TOTAL II	1,078	1,351	2,429
INGENIERIA Y ADMINISTRACION (8% Inv. Fija)	246	-----	246
CONTINGENCIAS (13% Inv. Fija)	197	203	400
TOTAL INVERSION FIJA (Sin impuestos)	1,521	1,554	3,075
IMPUESTOS A LA IMPORTACION (30% Inv. Fija)	923	-----	923
TOTAL INVERSION FIJA (Con impuestos)	2,444	1,554	3,998
INTERESES PRE-OPERATIVOS (6% Inv. Total)	428	-----	428
CAPITAL DE TRABAJO (38% Inv. Total)	2,713	-----	2,713
INVERSION TOTAL REQUERIDA	5,585	1,554	7,139

8.3.2 COSTOS DE OPERACION

Resumen

Los costos de operación incrementales generados por ampliar la capacidad actual de la Refinería de Cobre de Ilo en 24,000 TM/año adicionales mediante el Sistema Convencional, ascendería a 2.737 millones de dólares por año.

Criterios Utilizados

Para efectos de calcular los costos de operación se han considerado los siguientes criterios :

- . Se ha efectuado la discriminación de los costos fijos y variables afectándose solo aquellos que se modificarían al incrementarse la capacidad de producción en 24,000 TM/año.
- . En cuanto a la mano de obra se ha considerado únicamente el personal adicional que ha de incrementarse a la actual estructura orgánica, referida básicamente a la Planta Electrolítica y Planta de Anodos donde los requerimientos son de 18 y 02 trabajadores respectivamente.
- . En cuanto a la energía eléctrica se ha asumido que sería suministrada por una Central Diesel Eléctrica de 1 MW de Potencia debido al proceso de agotamiento de la Laguna de Aricota, el cual afecta notablemente a la Hidroeléctrica.

Distribución de los costos de Operación

En el Cuadro No 11 se presenta el desagregado de los costos de operación.

CUADRO No 1.1COSTOS DE OPERACION

DESCRIPCION	UNID.	CANTIDAD	COSTO UNIT. U.S.\$	TOTAL Miles U.S.\$
<u>COSTOS FIJOS :</u>				
MANO DE OBRA				176.0
MANTENIMIENTO				600.0
SUPERVISION Y ADMINISTRACION				<u>120.0</u>
SUB-TOTAL I				896.0
<u>COSTOS VARIABLES :</u>				
<u>PLANTA DE ANODOS :</u>				
PETROLEO DIESEL 2 (45 GL/TM)	GL	1'080,000	1.00	1,080.0
TRONCOS DE EUCALIPTO (15 KG/TM)	TM	360	114.00	41.0
ENERGIA ELECTRICA (24 KWH/TM)	KWH	576,000	0.04	23.0
<u>PLANTA ELECTROLITICA :</u>				
ENERGIA ELECTRICA (305 KWH/TM)	KWH	7'320,000	0.04	293.0
TRIOUREA (74 GR/TM)	KG	1,776	6.30	11.2
COLA (27 GR/TM)	KG	648	4.00	2.6
FLEJES (560 GR/TM)	KG	13,440	2.00	2.7
SELLOS (0.86 PZ/TM)	PZ	20,640	0.17	3.5
<u>PLANTA DESALINIZADORA :</u>				
ENERGIA ELECTRICA (12.5 KWH/TM)	KWH	300,000	0.04	12.0
<u>CALDERAS :</u>				
PETROLEO DIESEL 6 (7.5 GL/TM)	GL	180,000	0.90	162.0
ENERGIA ELECTRICA (10 KWH/TM)	KWH	240,000	0.04	<u>10.0</u>
SUB-TOTAL II				1,641.0
TOTAL COSTOS DE OPERACION				<u>2,537.0</u>

8.3.3 INGRESOS

Los ingresos incrementales que se generarían por servicios de maquila ascienden a la suma de U.S.\$ 6'720,000.

Para el cálculo de los ingresos se ha estimado maquila de 280 U.S. \$/TM para una producción de 24,000 TM/año.

8.3.4 ANALISIS ECONOMICO

Se efectúa el análisis económico sin ningún tipo de financiamiento con el objeto específico de conocer el mérito intrínseco del proyecto.

8.3.4.1 ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS Y FLUJO NETO DE CAJA

Los flujos económicos calculados en el Estado de Pérdidas y Ganancias y Flujo Neto de Caja se encuentran expresados a nivel de precios constantes para toda la vida útil del proyecto.

ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

Concepto	Miles U.S.\$
Ingresos	6'720
Costos de Operación	2'537
Utilidad Bruta	4'183
Depreciación	213
Utilidad Neta	3'970
Comunidad Minera (10%)	397
Ingemet (2%)	79
Utilidad Imponible	3'494
Impuesto a la Renta (26%)	908
Utilidad neta anual	2'586 =====

FLUJO NETO DE CAJA

Concepto	Miles U.S.\$	
	0 años	1-7 años
Utilidad neta anual		2'586
Inversión total	7'137	
Flujo total de caja	7'137	2'586

8.3.4.2 RENTABILIDAD

Los indicadores considerados para medir la rentabilidad del proyecto han sido el VAN y el TIR.

Los resultados obtenidos fueron :

VALOR ACTUAL NETO

Considerando flujos netos de caja iguales

$$\text{VAN} = -\text{Inversión inicial} + \text{Flujo neto de caja iguales} \cdot \frac{P}{A(i,n)}$$

Donde :

VAN = Valor actual neto

Inversión inicial - U.S. \$ 7'139,000

Flujo neto de caja - U.S. \$ 2'586,000

i - Tasa de descuento 10%

n = Vida útil del Proyecto (7 años)

De Referencia No 7, Pag 552 tenemos :

Para $n = 7$ años, $i = 10\%$, el factor del valor presente es 4.868

Reemplazando :

$$\text{VAN} = -7'139,000 + 2'586,000 \cdot \frac{P}{A(10\%,7)} (4.8684)$$

$$\text{VAN} = 5'451,000 \text{ U.S. \$}$$

TASA INTERNA DE RETORNO

Para una :

Inversión inicial - U.S \$ 7'139,000

Utilidad neta anual = U.S \$ 2'586,000

Vida útil del Proyecto = 7 años; el

Período de recuperación de la inversión

será:

$$\text{P.R.I.} = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Promedio anual del flujo neto de caja}}$$

$$\text{P.R.I.} - \frac{7'139,000}{2'586,000}$$

$$\text{P.R.I.} - 2.76 \text{ años}$$

De L11 (Bibliografía), utilizando la Tabla No IV del Factor de actualización de una serie (FAS), para P.R.I.=2.76 y n=7 años encontramos la Tasa de interés que ha de corresponder a dicho valor y que viene a ser la TIR, así tenemos que interpolando:

Interés	30%	(?)%	40%
n = 7 años	2.8021	2.760	2.5075
		P.R.I.	

$$\text{TIR} = 31 \%$$

8.4 CONCLUSIONES DE LA EVALUACION ECONOMICA

Con los parámetros de inversión, costos é ingresos considerados, el Valor Actual Neto (VAN) es de U.S. \$ 5'451,000, y la Tasa Interna de Retorno (TIR) es 31 % a la tasa de descuento del 10%.

- El Proyecto Ampliación Nave AB, económicamente es muy rentable y factible su realización porque permite obtener mayores beneficios netos y con una tasa de descuento menor que la tasa interna de retorno.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La implementación del Proyecto "Ampliación de la Nave AB" representa para la Empresa Minero Perú S.A. y para el País un importante avance tecnológico de enorme trascendencia : Por el incremento de la producción, mano de obra a emplearse y por que de concretizarse se demuestra la capacidad de los Técnicos Peruanos de poder construir una Planta Metalúrgica con toda la complejidad técnica que involucra.

La permanente investigación desarrollada para la implementación del proyecto permite que paulatinamente muchos insumos importados, antes reconocidos como insumos insustituibles esten siendo reemplazados por productos nacionales que brinda : Igual o mejores resultados, menores costos, ahorro de divisas; y, lo que es más importante promoción a la industria peruana para que se desarrolle y atienda las necesidades del mercado nacional y, se proyecte hacia el mercado mundial.

Tomando como base los criterios utilizados para el cálculo de los ingresos, inversiones y costos, la Ampliación de la Nave AB resulta conveniente.

Los resultados demuestran el Proyecto con una rentabilidad significativa, excluimos el pago de impuestos en razón de constituir transferencias dentro del mismo Gobierno, se pone de manifiesto las bondades

del proyecto, en términos de rendimientos del capital invertido.

El análisis con un financiamiento de 100%, muestra un Proyecto que no tendría inconveniente para poder cubrir sus deudas.

BIBLIOGRAFIA

- L1. Theodore Baumeister, Eugene Avallone, Theodore Baumeister: Manual del Ingeniero mecánico Marks. Editorial Mc Graw Hill, Mexico (1985).
- L2. Joseph E. Shigley y Larry D. Mitchell : Diseño en Ingeniería mecánica "Editorial Mc Graw Hill", Mexico (1985).
- L3. Streeter : Mecánica de fluidos. Editorial Mc Graw Hill, Mexico (1981).
- L4. Pablo Diaz Bravo : Transferencia de calor y aplicaciones. Lima (1984).
- L5. Donald Q. Kern : Procesos de Transferencia de Calor Editorial CESCO de C.V. Mexico (1986).
- L6. V. Beregovski y B. Kistiaarovski: Metalurgia del Cobre y del Niquel. Editorial MIR Moscú (1972).
- L7. H. G. Thuesen, W.J. Fabrycky y G.J. Thuesen Ingeniería Económica. Editorial Prentice Hall Internacional, Mexico (1981).
- L8. Simón Andrade Espinoza : Formulación de Proyectos de Inversión. Editorial Lucero, Lima (1988)
- L9. Nolberto J. Munier : Preparación Técnica Evaluación Económica y Presentación de Proyectos. Editorial Astrea, Buenos Aires (1979).

- L10. Naciones Unidas : Manual de Proyectos de Desarrollo Económico . Editorial Naciones Unidas, Mexico (1958).
- L11. Pedro Alberto Bellido Sanchez : Administración Financiera. Editorial Tecnocientifica S.A., Lima (1989).
- L12. J. Lam : Análisis de Criterios de Inversión : Editorial UMSM, Lima (1978).