

10.1 SISTEMA DE VENENO LÍQUIDO DE RESERVA (S L C S)

10.1.1. Propósito

Proporcionar un método alternativo de control de reactividad, capaz de apagar el reactor a partir de cualquier potencia, llevándolo al estado de subcrítico frío, cuando el Sistema Impulsor de Barras de Control (CRD) se encuentre totalmente inoperable, y no exista movimiento de inserción de barras de control.

Fundamentalmente, este método consiste en inyectar una solución de absorbente de neutrones (Pentaborato de Sodio: $\text{Na}_2\text{B}_{10}\text{O}_{16} \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) a la vasija del reactor.

El Sistema de veneno líquido de reserva (SLCS) es un Sistema relacionado con la seguridad.

10.1.2.- Descripción del Sistema y Bases de Diseño (Fig. 10.1-1)

Mediante este sistema, se dispone de una capacidad de respaldo para controlar la reactividad, independiente de los medios normales existentes, que permita llevar al reactor, desde cualquier potencia a un estado de subcrítico frío.

La base de diseño principal de este sistema consiste en tener siempre disponible la capacidad para controlar la diferencia de reactividad entre la condición de potencia nominal en estado estable, y la condición de subcrítico frío, incluyendo el margen de apagado, para garantizar un apagado total del reactor en cualquier momento de la vida útil del núcleo. El tiempo requerido para la actuación y eficacia de este control de respaldo, es consistente con la predicción para la rapidez de cambio en la reactividad, entre la condición de potencia nominal y la condición de subcrítico frío. Por ello, este sistema no proporciona un respaldo para la función de apagado rápido del reactor realizada por el Sistema de Protección del Reactor (RPS); la inyección de la solución de pentaborato de sodio se lleva a cabo en alrededor de dos horas, a un volumen suficiente, tomando en cuenta fugas y un mezclado imperfecto.

El sistema está constituido por un tanque de almacenamiento equipado con calentadores, motoválvulas instalada en la succión de cada bomba de desplazamiento positivo, con capacidad del 100% cada una, dos válvulas de inyección equipadas con actuadores explosivos, la tubería necesaria para inyectar la solución absorbente a la vasija del reactor, y un tanque con tubería y válvulas para probar el funcionamiento del sistema.

10.1.3. Descripción de las Componentes Principales

10.1.3.1 Tanque de almacenamiento de la solución de pentaborato de sodio

Es un tanque cilíndrico de acero inoxidable, de 2.74m de diámetro y 3.66m de altura, que almacena la solución a un nivel mínimo de 11,400 l, un nivel normal de 12,400 l, y un nivel máximo de 13,150 l, siendo el volumen total de 19,500 l.

En el interior del tanque se encuentra instalado el equipo siguiente:

- inyectores de aire que permiten efectuar una mezcla completa durante la preparación de la solución.

- un calentador de operación de 10KW, utilizado para mantener la temperatura de la solución entre 24 °C y 30 °C, durante la operación normal de la planta.
- un calentador de 40KW, para preparar la solución, se utiliza junto con el calentador de 10kW.
- un transmisor de nivel

Ambos calentadores se instalan en alojamientos secos, que posibilitan su desmontaje para mantenimiento sin que sea necesario vaciar el tanque de almacenamiento de la solución.

El transmisor de nivel envía señal al panel BB-11 en el cuarto de control, y se dispone de la instrumentación necesaria para activar alarmas de alto o bajo nivel.

10.1.3.2 Cabezal de aspiración de bombas

Un cabezal común comunica el tanque de almacenamiento del pentaborato de sodio con la succión de las bombas. Este cabezal sale por un lado del tanque, a una altura ligeramente superior al fondo del mismo, con el fin de minimizar la posible extracción de partículas depositadas en el fondo del tanque; con este mismo fin, en la succión del cabezal están instalados filtros de gran área.

El cabezal se divide en dos tuberías, y cada una de ellas lleva instaladas su respectiva motoválvula, válvula manual, y succión a la bomba. Con el fin de evitar que la solución de pentaborato de sodio se cristalice, se mantiene a la misma temperatura del tanque la tubería que parte del mismo, hasta las respectivas motoválvulas en la succión de cada bomba.

Entre la válvula manual y la motoválvula de cada una de las tuberías de succión, existe una tubería que une ambos lazos, para realizar la prueba de recirculación de agua desmineralizada al tanque de prueba.

10.1.3.3 Motoválvulas de succión

Cada una de estas motoválvulas tiene una capacidad del 100%; están instaladas entre el tanque de almacenamiento y la bomba de desplazamiento positivo correspondiente; poseen un diseño de cierre positivo tal que el empaque de cada válvula no queda expuesto hacia la solución de pentaborato de sodio, cuando la válvula se encuentra cerrada. Los motores eléctricos de estas válvulas reciben potencia del Sistema de Potencia de Corriente Alterna de Reserva (SACPS).

10.1.3.4 Bombas de desplazamiento positivo

Son accionadas mediante motores eléctricos de 480 VCA, del Sistema de Potencia de Corriente Alterna de Reserva; cada una tiene una capacidad del 100% y pueden inyectar la solución absorbidora de neutrones entre 50 y 125 minutos, manejando caudales entre 156 y 163 litros por minuto a una presión de descarga de 85.7 kg/cm², están equipadas con válvulas de seguridad ajustadas a 98 kg/cm², para evitar sobrepresiones que pudieran dañar al sistema, y con interruptores locales para probar su funcionamiento, que puentean el circuito de disparo de los actuadores explosivos de las válvulas de inyección.

10.1.3.5 Válvulas explosivas (Fig. 10.1-2 y 10.1-3)

A la descarga de cada bomba se instala una válvula de doble carga explosiva y perno de corte o pistón accionador; estas válvulas son totalmente herméticas, lo que garantiza una estanqueidad completa cuando el sistema se sujeta a pruebas.

En el momento en el que una de las cargas explosivas es detonada, se impulsa el pistón accionador hacia un tapón que obstruye el paso del fluido a través de la válvula; el pistón entonces corta el tapón, y lo empuja hacia un espacio practicado en el cuerpo de la válvula, de tal forma que no impida el paso del fluido. Los productos de la explosión quedan confinados en una cámara de tal manera que no contaminen la solución de pentaborato de sodio que fluye por la válvula. Un conjunto de piezas removibles colocado a la entrada de la válvula, permite desmontar y reemplazar el tapón de cierre.

Una vez iniciada la operación de uno de los dos lazos de este sistema, las dos cargas explosivas se encenderán automáticamente. Durante su estado normal de reserva, una corriente de verificación (no mayor que 2mA) se hace pasar por la red de puenteo de las dos cargas explosivas, instaladas en el conjunto disparador de cada válvula explosiva, con la finalidad de asegurar la continuidad del circuito, la cual es monitoreada en el cuarto de control por una luz ámbar para cada lazo; cuando tal continuidad no existe, la luz ámbar del lazo correspondiente se apaga, y un anunciador ubicado en el cuarto de control dan indicación de esta circunstancia.

10.1.3.6 Tubería de inyección

Partiendo de las válvulas explosivas, las descargas de las dos bombas se reúnen en un colector que se conecta a la línea del Sistema de Aspersión del Núcleo a Alta Presión, (HPCS) para entrar así a la vasija del reactor, y lograr una rápida distribución en el interior de la misma.

10.1.3.7 Equipo para prueba

Se dispone de un tanque de agua desmineralizada, tubería y válvulas para operar los dos modos de prueba de este sistema.

10.1.3.8 Tubería de drenaje

Los principales puntos de drenaje de este sistema son:

- La conexión en cruz de las tuberías de las succiones de las bombas.
- Plataformas en donde se asientan las bombas
- Conexión en cruz de las tuberías de descarga de las bombas.
- Tanque de prueba.
- Tanque de almacenamiento.

Todo el drenado proveniente de estos puntos se recolecta en bidones, para evitar que el pentaborato de sodio contamine el Sistema de Desechos Radiactivos Líquidos.

10.1.3.9 Solución absorbidora de neutrones (Fig. 10.1-4, 10.1-5 y 10.1-6)

La solución de pentaborato de sodio se elabora disolviendo en agua desmineralizada borax (

$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$), y ácido bórico (H_3BO_3). Por cada 100 kilogramos de pentaborato de sodio, las cantidades estequiométricas de ambos reactivos son: 64.64kg de borax, y 62.85kg de ácido bórico.

Para determinar la cantidad mínima requerida de pentaborato de sodio, se considera la concentración mínima de boro necesaria para apagar el reactor, tomando en cuenta el agua contenida en la vasija y en los lazos de recirculación, a un nivel de agua normal y el agua contenida en la tubería del Sistema RHR utilizada en el modo de enfriamiento en parada, a una temperatura de 75 °F (29.4 °C). Realizando estos cálculos puede demostrarse que 660ppm de boro en el sistema primario permiten la obtención de un margen de apagado equivalente a 0.05ΔK/K, y utilizando una concentración de 750ppm, se incrementa tal margen de apagado en un 25% lo que permite a su vez un margen de tolerancia que toma en cuenta una disolución imperfecta en el núcleo del reactor, y posibles fugas del sistema. Para la realización de los cálculos se incluyeron factores tales como la adición de reactividad positiva debida a una temperatura del moderador de 70 °F (21 °C), con un patrón de barras del 100%, y una concentración mínima de productos de fisión venenosos (Xe y Sm) en el núcleo.

Una vez elaborada la solución de pentaborato de sodio, ésta debe mantenerse a una temperatura mayor que su temperatura de saturación, para evitar que la solución se cristalice, ya que es muy poco factible lograr redisolverla. Es por ello que durante la adición de los reactivos al tanque de almacenamiento, se utiliza el calentador para preparar la solución, y se agregan el borax y el ácido bórico a una rapidez que no provoque una temperatura menor de 100 °F (38 °C) en la solución.

La solución debe inyectarse a la vasija del reactor en un tiempo mayor a los 50 minutos, pero menor a los 125 minutos. Este intervalo de tiempo corresponde a una rapidez de inyección de boro, entre 20ppm y 8ppm respectivamente por minuto. El tiempo mínimo de inyección garantiza que la solución se distribuirá uniformemente en el núcleo. Si la solución se inyectará demasiado rápido se formaría una masa de pentaborato de sodio que sería recirculada a través del núcleo, provocando extremas oscilaciones en la potencia (power chugging). El tiempo máximo de inyección, corresponde a una concentración relativamente alta de productos de fisión venenosos en el núcleo, por lo que al inyectar la solución antes del decaimiento de esos venenos se obtiene un margen de apagado adicional.

10.1.3.10 Controles del sistema (Fig. 10.1-7)

En el panel BB-11 del cuarto de control se encuentra instalado el interruptor con cerradura de este sistema; con este interruptor se controlan ambos lazos.

El interruptor es del tipo cerradura, para garantizar su accionamiento mediante acción positiva, y nunca inadvertidamente. Cuando se inicia la operación de alguno de los lazos, las válvulas de succión y explosiva se abren, y se arranca la bomba del lazo correspondiente. Simultáneamente se envía una señal de aislamiento del Sistema de Limpieza del Agua del Reactor (RWCU). Si el interruptor se coloca en la posición de PARO, la válvula de succión se cerrará, y la bomba correspondiente se detendrá.

10.1.4. Modos de Operación y Características del Sistema

Este sistema tiene cuatro modos diferentes de operación; la operación en cada uno de estos

modos depende de condiciones en las que se encuentre la planta, o de requisitos de prueba.

10.1.4.1 Modo de reserva

Este es el modo de operación normal de este sistema; siempre que exista combustible en la vasija del reactor, y el reactor se encuentre en operación, este sistema debe estar operable.

Por lo tanto, los tiempos de indisponibilidad deben minimizarse durante la operación de la planta.

En el modo de reserva, este sistema dispone de agua desmineralizada de repuesto, así como aire a presión proveniente del sistema de aire de servicios; la bomba, la motoválvula a la succión de la bomba, la válvula explosiva y su correspondiente circuito de vigilancia, del lazo A, además del calentador de operación de 10kW, reciben potencia eléctrica del sistema de potencia CA de reserva a través del MCC-A1-A (DIV I) de 480 Volts. Los componentes similares del lazo B, así como el calentador para preparar la solución, de 40kW, reciben suministro del MCC-B1-A (DIV II) de 480 Volts. Los anunciadores e indicadores de nivel instalados en el panel BB-11 del cuarto de control, son alimentados mediante el PDP SUPS A1-1 de 120 Volts.

El tanque de almacenamiento de pentaborato de sodio se mantiene con 12,400 litros de esta solución (aproximadamente), a una concentración tal que se obtengan 750ppm de boro en la vasija del reactor. La solución se mantiene entre los 24 °C y los 30 °C mediante el calentador de operación, para evitar que se cristalice.

10.1.4.2 Modo de inyección

La iniciación de este modo de operación es considerada durante una situación de emergencia, en la que se requiera en forma definitiva el apagado del reactor. La decisión para iniciar la operación de este sistema, se tomará cuando el sistema impulsor de barras sea incapaz de apagar el reactor, y se presente alguna de las circunstancias siguientes:

- (1) La potencia del reactor aumenta, según indicaciones de la instrumentación nuclear y de producción de vapor.
- (2) Se logrará la criticidad en un lapso de tiempo especificado, de acuerdo a cálculos realizados.
- (3) A juicio del Jefe de Turno, exista riesgo para el personal, el medio ambiente, o la planta.

Este modo de operación se inicia ubicando el interruptor con cerradura desde la posición de PARO, hasta la posición del sistema A o el sistema B, contando para ello con la autorización del Jefe de Turno. De esta forma, se abren las válvulas del lazo seleccionado, y se arranca la bomba; asimismo, se envía señal de aislamiento al sistema de limpieza del agua del reactor, y se inyecta la solución en un lapso no menor a 50 minutos, y no mayor a 125 minutos. Simultáneamente se vigilan el nivel de potencia del reactor, y los demás parámetros requeridos, para monitorear la disminución en la potencia, y confirmar el apagado del reactor cuando la inyección concluya. Después, el conmutador es retornado a la posición de PARO, cuando el indicador de nivel del tanque de almacenamiento está en cero, lo que provoca el cierre de la motoválvula de la succión de la bomba.

En el caso de que una vez iniciada la operación de uno de los lazos, no se lograra la inyección, puede iniciarse la operación del otro lazo cambiando de posición el interruptor con cerradura del panel BB-11.

10.1.4.3 Modo de prueba de recirculación

Este modo tiene la finalidad de verificar la operación de las bombas, recirculando agua desmineralizada desde el tanque de prueba, impulsándola con la bomba en cuestión, y retornándola hacia el tanque de prueba. Para llevar a cabo este modo de operación, se abren las válvulas de aislamiento del tanque de prueba, y tomando agua desmineralizada, se hace recircular esta por cada una de las dos bombas, desde y hacia el tanque de prueba.

10.1.4.4 Modo de inyección simulada

Este modo de operación se realiza para verificar la capacidad de inyección del sistema; solamente se utiliza durante operaciones de recarga de combustible.

Primeramente se abren manualmente las válvulas de llenado y descarga del tanque de prueba, lo que automáticamente impide la apertura de las motoválvulas de succión. Después, mediante el interruptor con cerradura, se inicia la inyección de agua desmineralizada mediante el lazo seleccionado, a la vasija del reactor.

Una vez realizada la prueba, debe reemplazarse la válvula explosiva utilizada por una nueva, y cerrar manualmente las válvulas de llenado y descarga del tanque de prueba después de haber rellenado el mismo con agua desmineralizada.

10.1.5. Relaciones con Otros Sistemas

10.1.5.1 Sistema de aire de servicios

Para la preparación de la solución, se utiliza un agitador de aire instalado en el tanque de almacenamiento de pentaborato de sodio.

10.1.5.2 Sistema de aire de instrumentos

Para la instrumentación de nivel del tanque de almacenamiento.

10.1.5.3 Sistema de potencia de corriente alterna de reserva

MCC-A1-A (Div. I) de 480 VCA:

- Calentador de operación, de 10kW.
- Motoválvula en la succión de la bomba del lazo A
- Bomba del lazo A.
- Circuito de vigilancia y disparo de la válvula explosiva de lazo A.

MCC-B1-A (Div 11) de 480 VCA:

- Calentador para la preparación de la solución, de 40kW.
- Motoválvulas en la succión de la bomba del lazo B

- Bomba del lazo B.
- Circuito de vigilancia y disparo de la válvula explosiva del lazo B

PDP SUPS A1-1 de 120 VCA

- Anunciadores, indicadores de presión y nivel en el panel BB-11

10.1.5.4 Sistema de limpieza del agua del reactor (RWCU)

Al iniciar su operación el SLC, el Sistema de Limpieza del Agua del Reactor será aislado, para evitar la dilución del pentaborato de sodio.

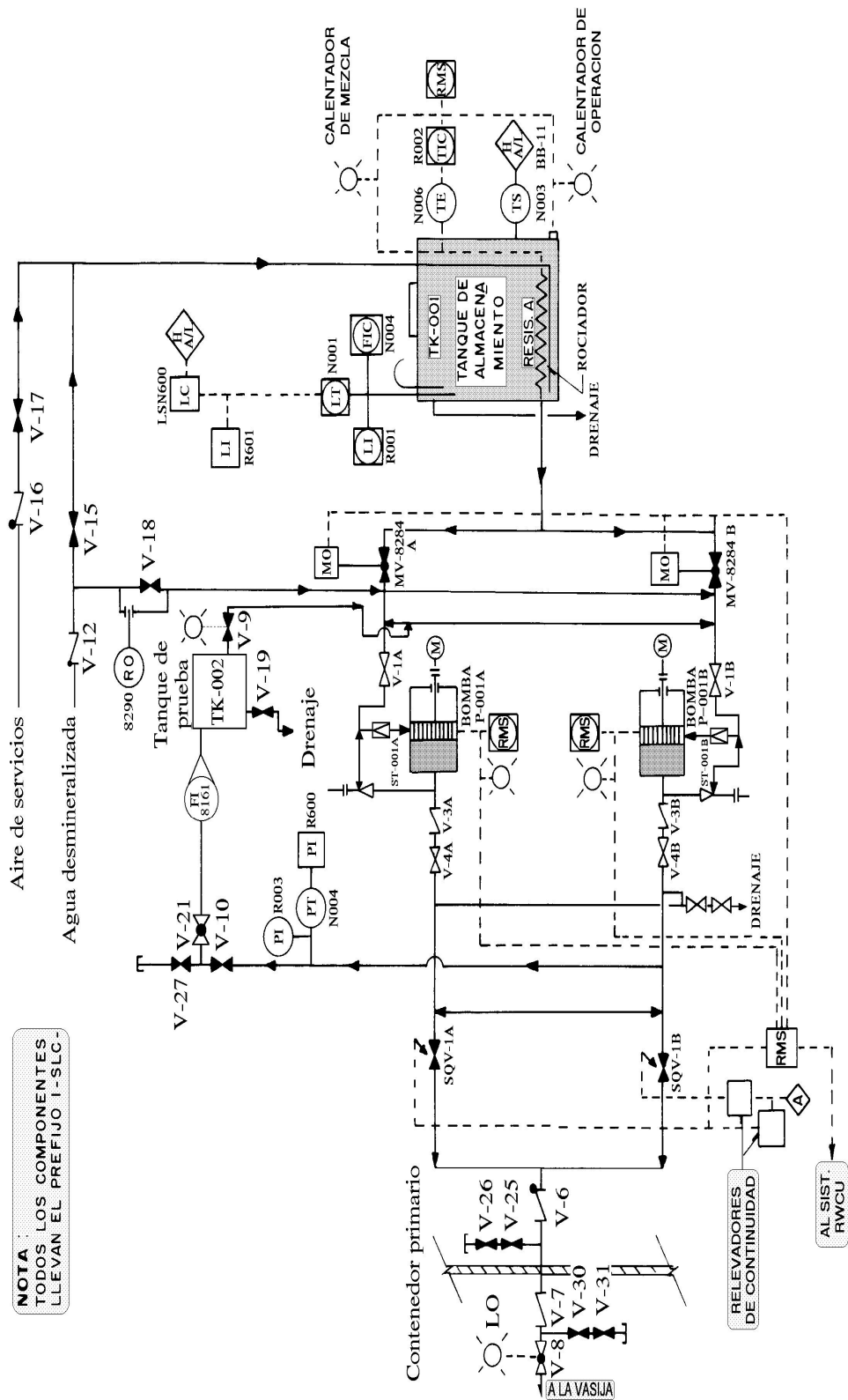


FIG. 10.1-1 SISTEMA DE VENENO LIQUIDO (SLC)

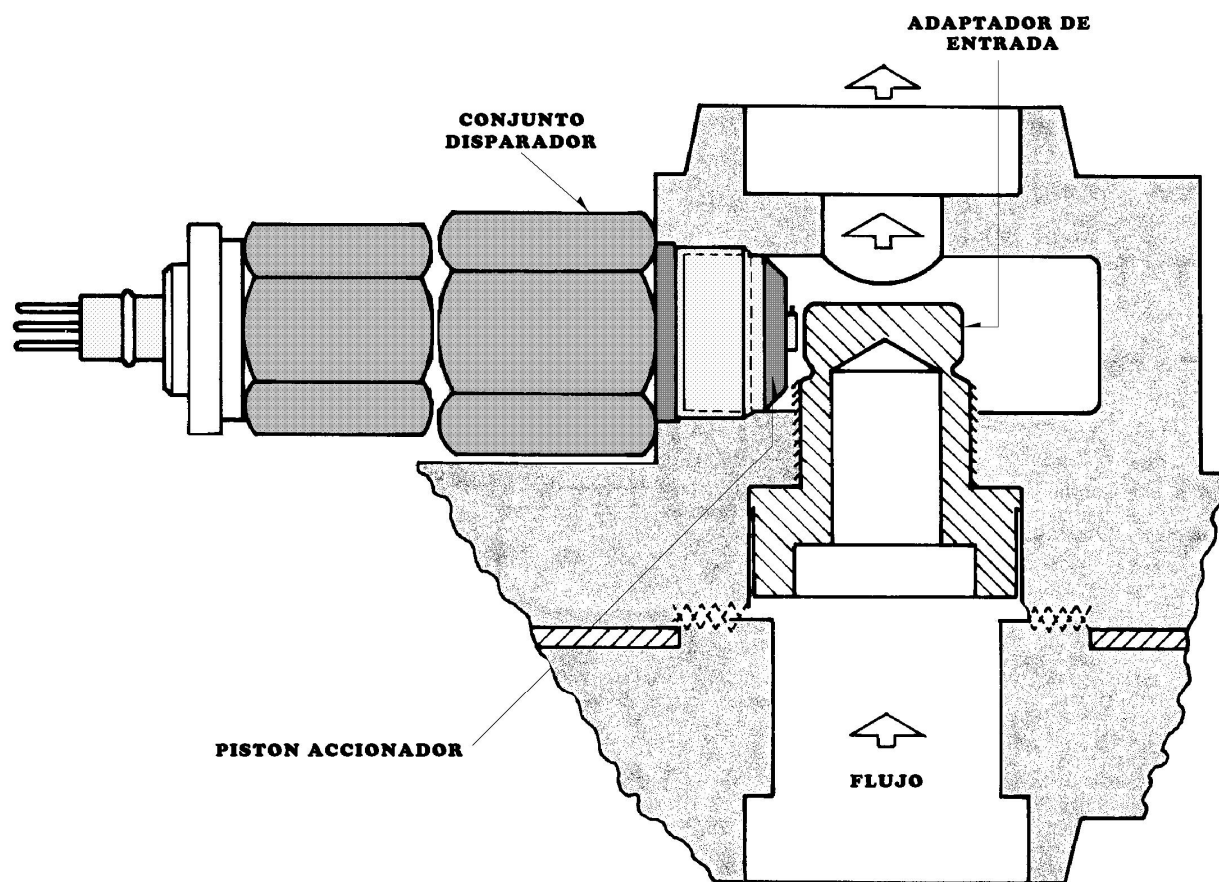


FIG. 10.1-2 VALVULA EXPLOSIVA

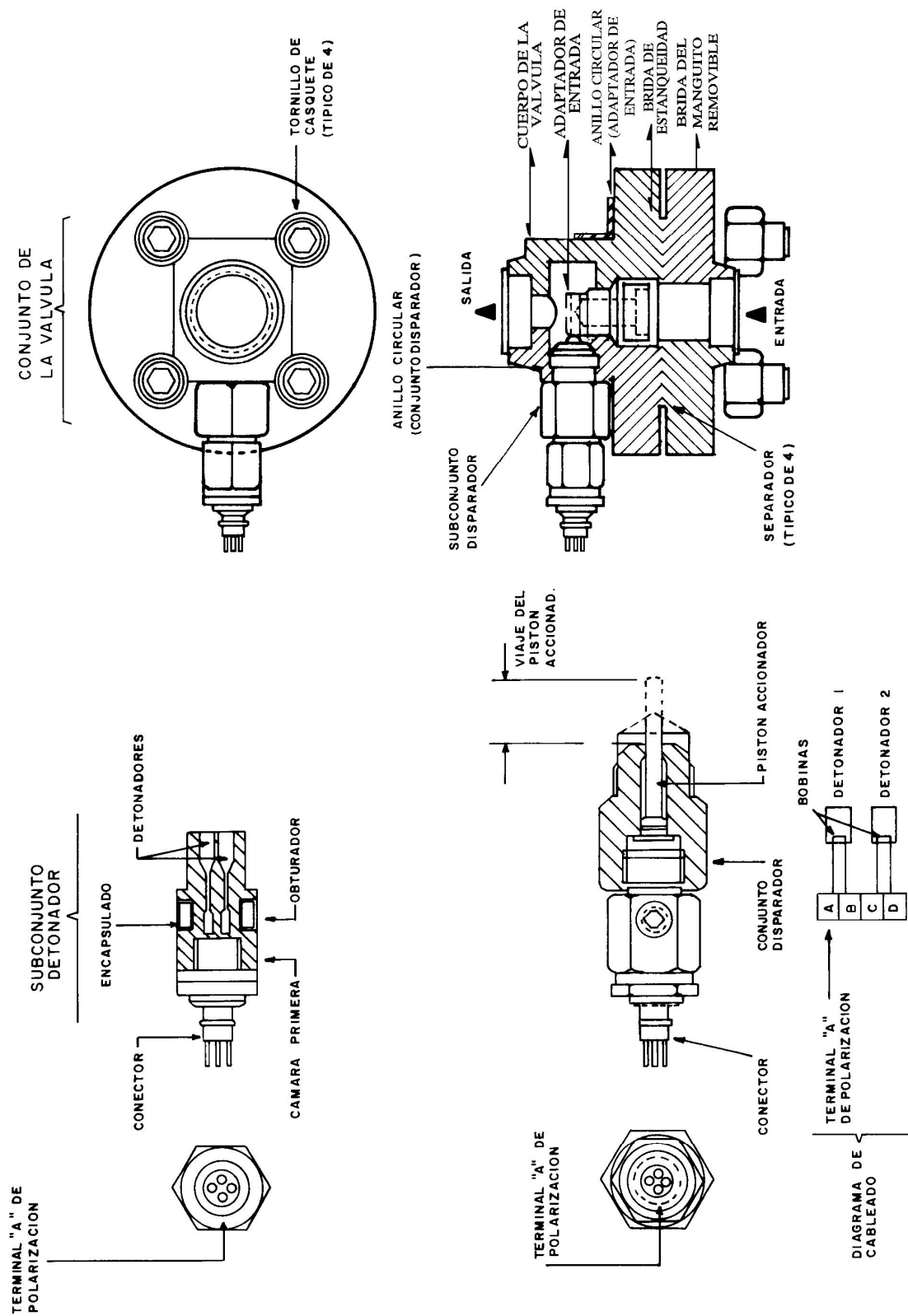


FIG. 10.1-3 VALVULA EXPLOSIVA (DETALLE)

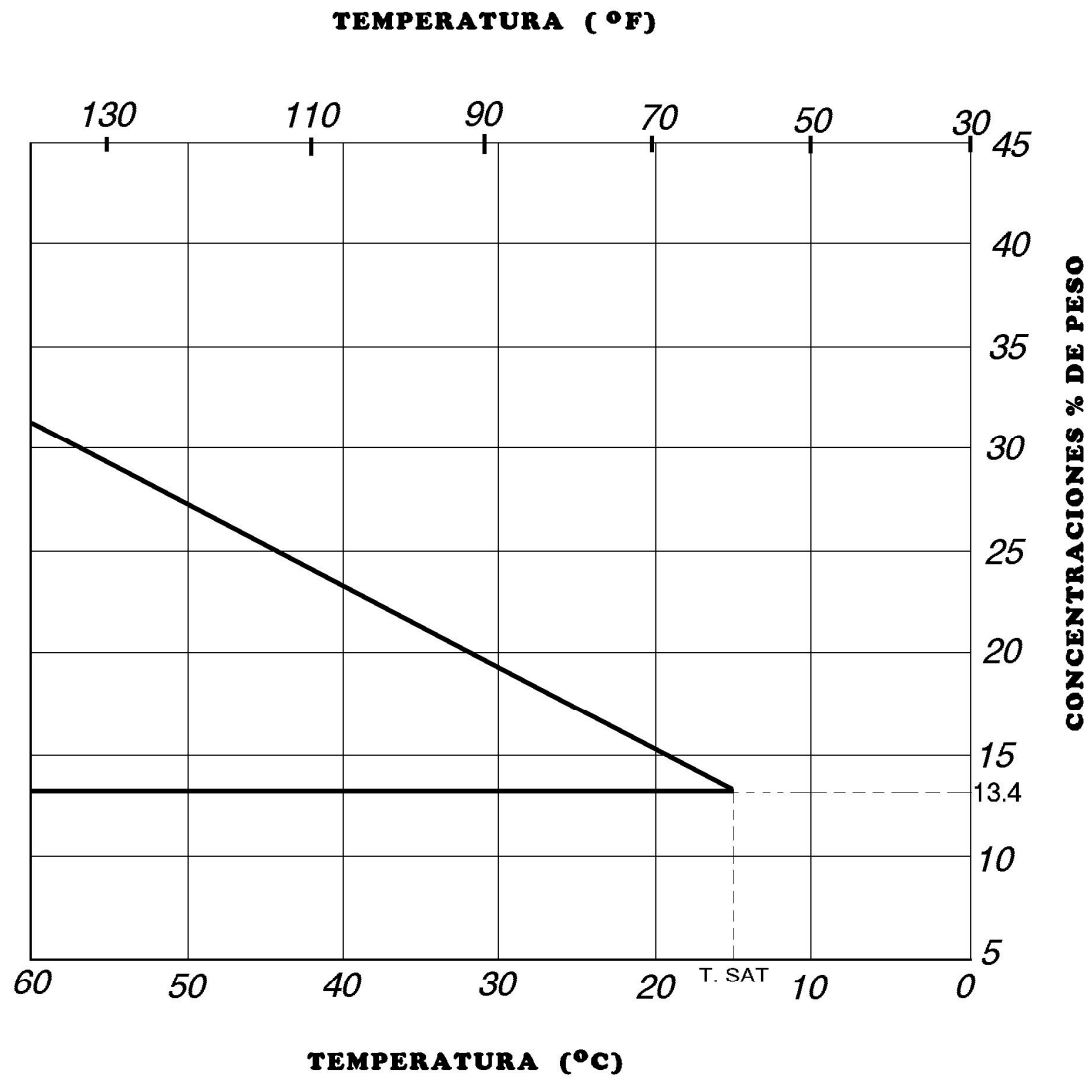


FIG. 10.1-4 REQUISITOS DE CONCENTRACION & TEMPERATURA DE LA SOLUCION DE PENTABORATO DE SODIO

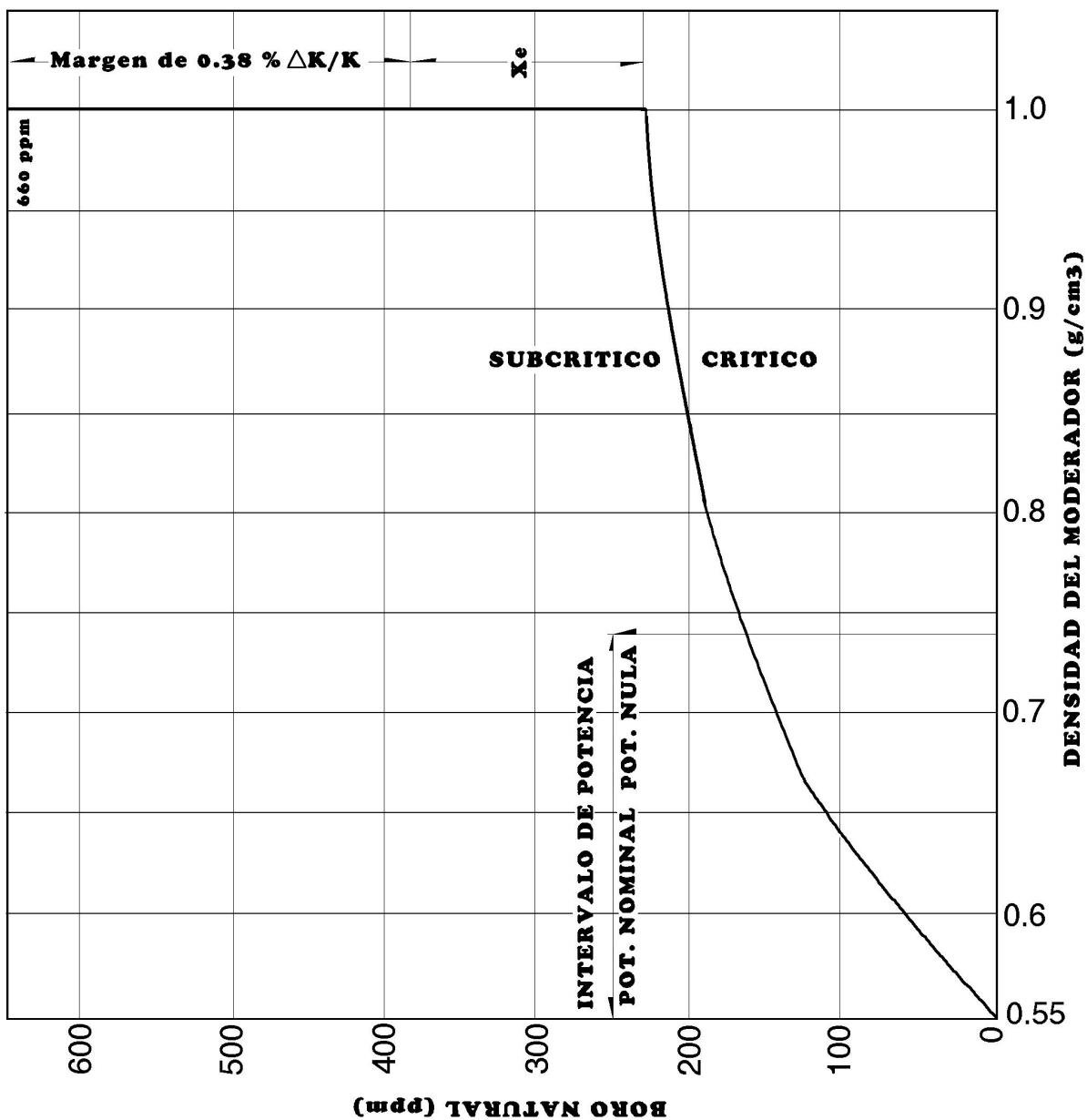


FIG. 10.1-5 NECESIDADES DE BORO EN EL SISTEMA

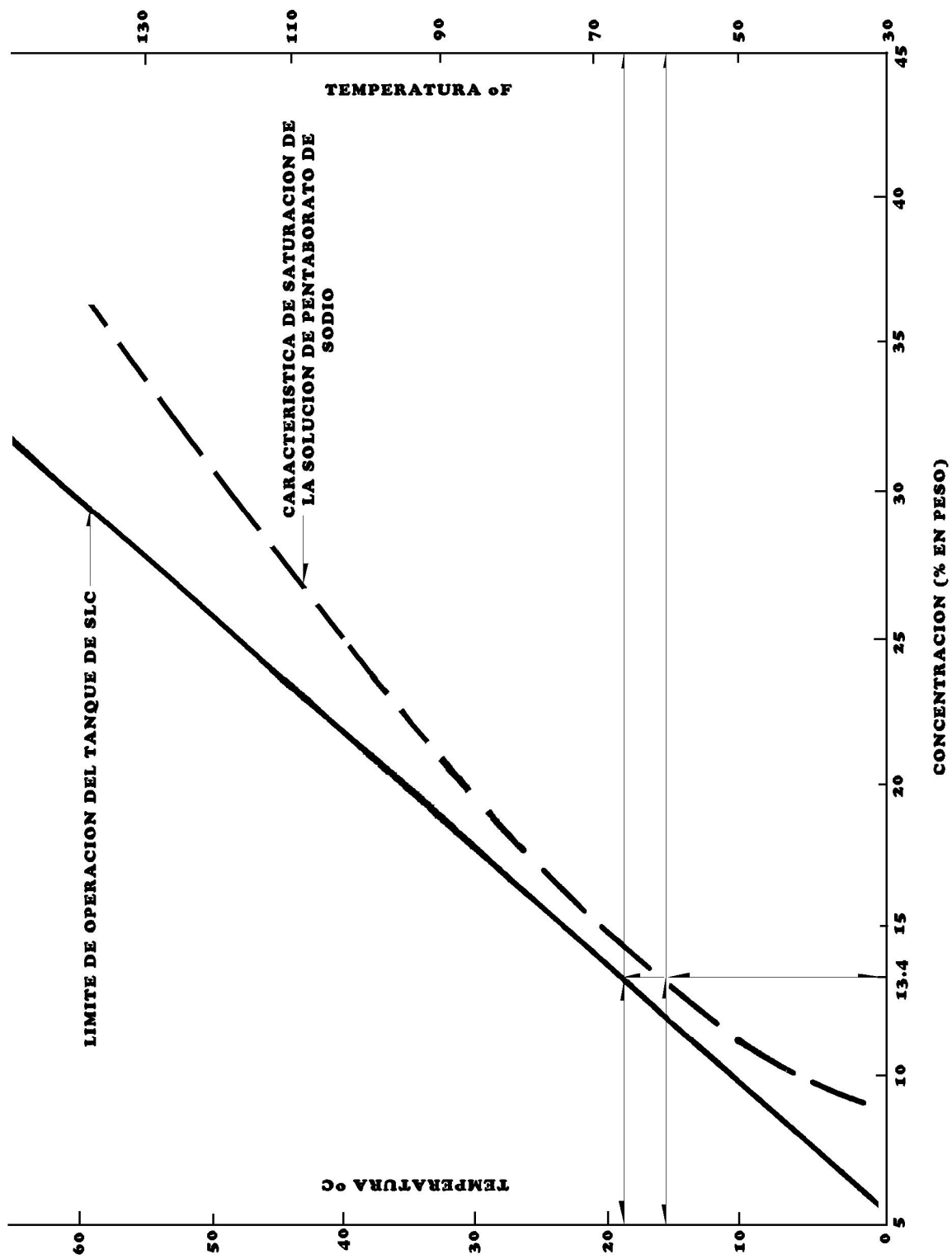


FIG.10.1-6 TEMPERATURA DE SATURACION DE LA SOLUCION DE PENTABORATO DE NA

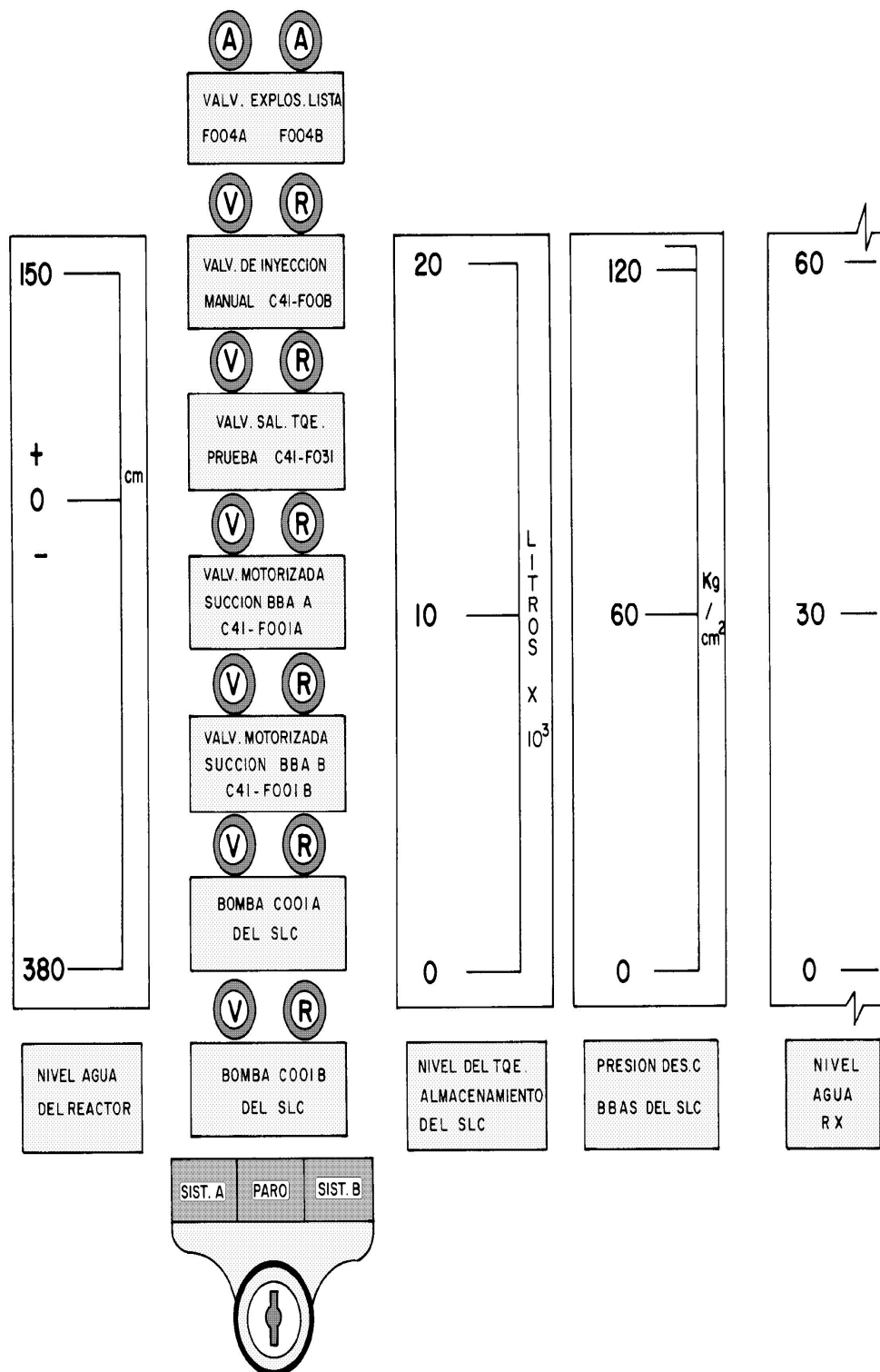


FIG. 10.1-7 CONTROL DEL SLC EN EL PANEL BB - 11

10.2 SISTEMA PARA ENFRIAMIENTO DEL NUCLEO CON EL REACTOR AISLADO (RCIC)

10.2.1 Propósito del Sistema

El propósito del sistema RCIC es el de proporcionar automáticamente enfriamiento y reposición de inventario de refrigerante al núcleo del reactor durante accidentes en los que la presión de la vasija permanece alta, seguido de un apagado y aislamiento del reactor, por lo tanto el sistema de agua de alimentación no está disponible para reponer el inventario de refrigerante en el núcleo. El RCIC es usado también para reducir la temperatura y presión del reactor mientras el nivel de agua es mantenido en la vasija del reactor.

Esto es realizado mediante el bombeo de agua del tanque de almacenamiento de condensados o de la piscina de supresión de presión y descargando el agua a través de la línea del cabezal de rocío en la tapa del reactor.

Las funciones primarias del sistema RCIC son:

- Mantiene el inventario de refrigerante en la vasija del reactor después de un aislamiento de la vasija del reactor cuando la vasija es mantenida en la condición de reserva en caliente (La reserva en caliente se define como la condición donde el reactor está subcrítico con una temperatura del refrigerante mayor de 93 °C).
- Mantiene el inventario de refrigerante en la vasija del reactor después de un aislamiento del reactor del condensador principal acompañado por una pérdida de flujo de refrigerante del sistema de agua de alimentación del reactor.
- Mantiene el inventario de agua en la vasija del reactor al perderse el sistema de agua de alimentación hasta que el reactor pueda ser enfriado usando el sistema de remoción de calor residual (RHR) en el modo enfriamiento en el apagado.

10.2.2 Descripción General (Fig. 10.2-1)

El sistema RCIC consiste de una bomba (P-001) [28] acoplada a una turbina (DT-001). La línea que suministra el vapor a la turbina está compuesta por:

- Válvula de aislamiento interior de la contención (MV-8147) equipada con una pequeña válvula de derivación (MV-8341) para calentamiento de la línea de vapor.
- Válvula de aislamiento exterior de la contención (MV-8148) que suministra el vapor a la tubería del RCIC y/o al sistema de remoción de calor residual (RHR) en su modo de condensación de vapor.
- Una válvula de paro de la turbina (MV-8113) que está para maximizar la presurización de vapor en toda la línea de admisión a la turbina.
- Una válvula reguladora de disparo de la turbina (MV-8114) y una válvula de control (MV-8115) que están para controlar el flujo de entrada de vapor a la turbina.

El escape de la turbina es dirigido a la piscina de supresión de presión a través de una línea

que tiene una válvula de retención (V-204) y una válvula de aislamiento de la salida del escape de la turbina (MV-8149). La línea de escape de la turbina tiene dos válvulas rompedoras de vacío (V-46 y V-47) con sus respectivas válvulas de aislamiento (MV-8890 y MV-8889).

La línea del flujo de refrigerante consiste de: dos válvulas de succión, una a partir del tanque de almacenamiento de condensados (MV-8100), que es la fuente preferida y la otra de la fuente alterna que es la de la piscina de supresión de presión (MV-8151), una conexión con los intercambiadores de calor del sistema de remoción de calor residual (RHR-HX-001A/B), la bomba del RCIC (P-001), una válvula de derivación en la línea de mínimo flujo (MV-8142), dos válvulas de prueba hacia el tanque de almacenamiento de condensados (MV-8138 y MV-8137), una válvula de inyección (MV-8144), una válvula exterior de retención con dispositivo de prueba (AV-8145), una válvula interior de retención con dispositivo de prueba (AV-8146), una boquilla de aspersión en la tapa del reactor y su tubería e instrumentación asociada.

Cuando el RCIC está en operación el vapor fluye a una razón de 9,072 Kg/hr (20,000 lbs/hr) de la línea de vapor principal a través de las válvulas MS-MV-8147 y de la válvula de derivación MV-8341 y a través de la válvula MS-MV-8148 para suministrar vapor a la turbina.

El flujo a la turbina DT-001 continúa a través de la válvula de parada de la turbina (MV-8113) y después a la válvula de disparo de la turbina (MV-8114). El flujo de vapor a la turbina es controlado por la válvula controladora MV-8115.

El vapor de escape de la turbina es dirigido a la piscina de supresión a través de la válvula de retención V-204 y la válvula de aislamiento de escape de la turbina MV-8149.

Debido a que la línea de suministro de vapor está llena y presurizada hasta la válvula de parada (MV-8113) cuando el sistema está en reserva, el vapor podría condensarse en la tubería y este condensado dañaría a la turbina del RCIC, por lo que existe una tubería de drenes, dos trampas de vapor y un pocillo de drenes. El condensado recolectado es enviado al condensador principal.

La válvula de paro de la turbina (MV-8113) está para aislar la turbina del RCIC durante condiciones de reserva del sistema. La válvula está normalmente cerrada y no abrirá a menos que la válvula de escape de la turbina (MV-8149) abra completamente. La válvula (MV-8113) abrirá automáticamente cuando exista señal de iniciación; ya sea manual o cuando se reciba señal de bajo nivel en el reactor [-90.2 cm (-35.5 pulg)].

La válvula de disparo de la turbina (MV-8114) proporciona el control de aceleración de la turbina por medio de la regulación de vapor a la turbina. Esta válvula está normalmente abierta y tiene la capacidad de suministrar suficiente vapor a la turbina bajo variaciones de carga y condiciones de presión de vapor.

La turbina del RCIC no requiere de potencia eléctrica para sus auxiliares, la bomba de aceite de la turbina es impulsada por medio de la flecha del rotor de la propia turbina por medio de un engrane.

El sistema gobernador y de control de la turbina (Fig. 10.2-2) consiste de un controlador de flujo, éste mide el flujo a la descarga de la bomba y proporciona una señal de salida al sistema gobernador de la turbina. El controlador de flujo puede ser operado en modo automático o

manual y es equipado con un dispositivo limitador que no permite que el máximo flujo de 1,608 l/min (425 gpm) sea excedido.

En el escape de la turbina existen una válvula de retención (V-204) y una válvula de aislamiento (MV-8149) para prevenir cualquier regreso de flujo y para propósitos de aislamiento.

La válvula MV-8149 es una válvula normalmente abierta y es operada desde el cuarto de control con la maneta de control S-35 en el panel BB-9. Si la válvula no está completamente abierta una alarma es encendida en el cuarto de control, ya que si la turbina fuera arrancada no habría escape de vapor, y por lo tanto la válvula de entrada a la turbina (MV-8113) no abrirá si la válvula MV-8149 estuviera cerrada.

Al final de la tubería de escape de la turbina hay un aspesor sumergido en el agua de la piscina de supresión, para condensar el vapor de escape, minimizar las vibraciones de la tubería y niveles de ruido.

Cuando el RCIC está en operación el agua fluye del tanque de almacenamiento de condensados (CS-TK-001A/B) a través de la válvula de succión (MV-8100) o desde la piscina de supresión vía cedazo de succión y válvula de succión de la piscina de supresión (MV-8151) como la fuente alterna.

Dos tanques de condensados (CS-TK-001A y B) proporcionan una fuente de agua para la succión del sistema, cada tanque tiene una capacidad de 1'135,500 litros (300,000 gal) y se reservan 378,500 litros (100,000 gal) de agua para la operación de los sistemas HPCS y RCIC. El tanque CS-TK-001B está alineado para ser usado durante la operación del HPCS y RCIC.

El sistema RCIC tiene una bomba de llenado (P-003) que succiona agua del tanque de almacenamiento de condensados y la descarga después de la válvula de retención (V-1) para mantener llena y presurizada la línea a una presión nominal de 3.6 Kg/cm² (52 psig).

La válvula de succión desde el tanque de almacenamiento de condensados (MV-8100) está normalmente abierta, es operada por motor y cerrará automáticamente si la válvula de succión a partir de la piscina de supresión (MV-8151) está completamente abierta. Al recibir la señal de iniciación la válvula MV-8100 abrirá automáticamente si se encuentra cerrada y si la válvula MV-8151 está cerrada.

La válvula de succión a partir de la piscina de supresión (MV-8151) está normalmente cerrada, operada por motor. Cuando se abra esta válvula, la válvula MV-8100 cerrará automáticamente. La transferencia de la succión del sistema del tanque de condensados a la piscina de supresión se realiza manualmente.

La bomba del RCIC (P-001) es centrífuga, con 100% de capacidad, de velocidad variable, con un flujo nominal de 1608 l/min (425 gpm), autoenfriada, puede desarrollar una carga de 895 m (2,935 pies) a una presión del reactor de 81.4 Kg/cm² (1158 psig). A la descarga de la bomba existe una conexión que suministra agua para el enfriamiento del aceite de la turbina. Esta línea suministra 95 l/min (25 gpm) de agua de enfriamiento lo cual es suficiente para enfriar el aceite. Con esta desviación de agua el flujo máximo que el sistema entrega a la vasija es de 1513 l/min (400 gpm).

Una línea de mínimo flujo está provista para permitir el paso de flujo de agua de la descarga de la bomba durante condiciones de bajo flujo 189 l/min (50 gpm) del RCIC y prevenir daños por sobrecalentamiento. Esta línea de mínimo flujo consta de un orificio de restricción (RO-8140), una válvula de retención (V-6) y una motoválvula (MV-8142).

La válvula de mínimo flujo (MV-8142), es una válvula normalmente cerrada, abre automáticamente cuando existen una combinación de señales de presión a la descarga de la bomba de 8.8 kg/cm^2 (125 psig) y bajo flujo de la bomba de 2.5 l/seg (40 gpm). La válvula cerrará automáticamente cuando el flujo de la bomba alcance 5 l/seg (79.25 gpm) o si cualquiera de las válvulas MV-8114 o MV-8113 están cerradas. Esta válvula (MV-8142) puede ser operada desde el panel BB-9 del cuarto de control con la maneta de control S-9.

Las válvulas de prueba (MV-8138 y MV-8137) del sistema hacia el tanque de condensados están normalmente cerradas y reciben señal de cierre al haber señal de iniciación del sistema RCIC, estas válvulas de prueba cerrarán automáticamente si la válvula (MV-8151) de succión a partir de la piscina de supresión estuviera completamente abierta. Estas válvulas de prueba pueden ser operadas desde el cuarto de control cuyas manetas S-7 y S-24 respectivamente se encuentran en el panel BB-9.

La válvula de descarga del RCIC (MV-8144), es una válvula normalmente cerrada, que abre automáticamente cuando se recibe señal de iniciación del RCIC una vez que las válvulas de disparo y paro de la turbina abren. Cerrando cualquiera de estas válvulas de la turbina la válvula de descarga del RCIC cerrará automáticamente. La válvula es capaz de abrir con la máxima presión diferencial 94.9 Kg/cm^2 (1,350 psig) dentro de 15 segundos, también puede ser operada desde el cuarto de control panel BB-9 con la maneta S-5.

Entre la válvula de descarga del RCIC y la vasija del reactor hay dos válvulas de retención probadas con aire. La válvula AV-8145 está localizada fuera de la contención y la AV-8146 está dentro de la contención. La operabilidad de las válvulas pueden ser verificadas durante la operación normal de la planta.

Finalmente en la descarga el RCIC y al centro de la tapa del reactor se encuentra una tobera de aspersión que rocía el agua dentro del reactor.

Operación del Sistema

Después de un apagado rápido mediante la inserción súbita de barras de control (SCRAM), la generación de vapor en el reactor continuará debido al calor de decaimiento de los productos de fisión. Al mismo tiempo el sistema de derivación de la turbina desviará el flujo de vapor hacia el condensador principal y el sistema de agua de alimentación suministrará el agua requerida para mantener el inventario de agua en la vasija del reactor si las válvulas de aislamiento de vapor principal permanecen abiertas.

En cualquier evento donde el reactor se aisle y el sistema de agua de alimentación estuviera indisponible con las válvulas de aislamiento de vapor cerradas, las válvulas de alivio estarían ciclando para mantener la presión de la vasija dentro de los límites permisibles. El nivel de agua en la vasija del reactor descenderá y una vez alcanzado el nivel 2 [-90.2 cm (-35.5 pulg)] en la vasija del reactor, el sistema RCIC deberá iniciar su operación automáticamente (Fig. 10.2-3 y 10.2-4). La turbobomba después de 30 seg. de recibida la señal de bajo nivel suministrará agua

desmineralizada del tanque de almacenamiento de condensados a la vasija del reactor, una fuente alterna de agua está disponible, la piscina de supresión de presión. La turbina podrá operar con una porción de vapor de la vasija del reactor.

En el evento en que el sistema RCIC no inicie su operación automáticamente, el operador tiene la opción de iniciarlo manualmente desde el cuarto de control, armando y presionando el botón S-41 localizado en el panel BB-9.

El sistema RCIC continuará operando en este modo hasta que haya disparo automático o una señal de aislamiento. El operador debe restablecer manualmente el RCIC para operaciones automáticas subsecuentes.

Las señales de aislamiento del sistema son principalmente:

- Alta presión en el diafragma de escape de la turbina: 0.7 Kg/cm^2 (10 psig).
- Baja presión en el reactor: 4.5 Kg/cm^2 (60 psig).
- Alta presión diferencial en la línea de vapor al RCIC: 267 cm H₂O (105 pulg H₂O).

Las principales señales de disparo automático del sistema son:

- Cierre de válvulas de admisión de vapor por alto nivel (143.5 cm).
- Alta temperatura en cuarto RCIC.
- Baja presión en la succión de la bomba 510 mm Hg (20 pulg Hg).
- Alta presión en el escape de la turbina: 1.76 Kg/cm^2 (25 psig).
- Sobrevelocidad en la turbina (125%)

La lógica de iniciación del sistema RCIC [29] inicia la operación del sistema cuando se alcanza en el reactor bajo nivel [nivel 2 (-90.2 cm)]. Existen cuatro sensores de nivel. La lógica es completamente redundante tal que la falla única de cualquier sensor de nivel no inhabilite la operación del sistema.

La lógica del sistema RCIC y sus componentes esenciales son alimentados por corriente directa altamente confiable. Si falla la corriente AC externa, el generador diesel de emergencia alimentaría los respectivos buses críticos. La sola pérdida de la potencia AC no causa el aislamiento del RCIC, manteniendo así su disponibilidad de operación para este tipo de escenarios.

Cuando la señal de iniciación del sistema RCIC es recibida el sistema no necesita acción alguna del operador. Cuando se recibe la señal de iniciación la válvula de suministro de vapor a la turbina abre (MV- 8113), la válvula de inyección de refrigerante (MV-8144) abre, las válvulas de prueba (MV-8137 y MV-8138) cierran si estuvieran abiertas, la válvula de succión del tanque de almacenamiento de condensados (MV- 8100) abre si estuviera cerrada.

10.2.3 Interfases y Dependencias

El sistema RCIC requiere para su operación de los siguientes sistemas soporte.

El sistema de 250 volts D.C. suministra potencia a la válvula de prueba del sistema RCIC (MV-8138), a la válvula de aislamiento exterior de suministro de vapor (MV-8148).

El sistema de 480 volts A.C. div. I suministra potencia para la bomba de llenado del RCIC (P-003), a la válvula de aislamiento interior de vapor (MV-8147), en caso de que esta válvula se encuentre cerrada ya que está normalmente abierta.

El sistema 125 volts D.C. bus "A" suministra potencia a la lógica de iniciación del sistema RCIC (a dos de los cuatro sensores de nivel), el bus "B" suministra potencia a los otros dos sensores de nivel. Este sistema soporte también suministra potencia a varias motoválvulas del sistema RCIC.

El tanque de almacenamiento de condensados proporciona la fuente primaria de agua a la bomba del RCIC y también proporciona la línea de descarga durante la prueba del RCIC.

El sistema de ventilación HVAC proporciona enfriamiento para el cuarto de la turbobomba del RCIC.

El sistema cerrado de agua de enfriamiento nuclear (NCCW) suministra agua para el enfriamiento de la unidad circulador-serpentin del cuarto de la turbobomba del RCIC.

10.2.4 Especificaciones Técnicas

Límites de operación por especificaciones técnicas [17] del sistema RCIC son los siguientes:

Las condiciones límites de operación del sistema RCIC es que éste debe de estar operable con un lazo capaz de succionar agua de la piscina de supresión de presión y transferirla al reactor.

Durante las condiciones operacionales 1, 2 o 3 (Ver Tabla 1.2 del Cap. 16.1.0 FSAR) y con una presión de vapor en el domo de la vasija de más de 10.5 kg/cm^2 si el sistema RCIC se encuentra inoperable, la operación de la planta puede continuar asegurándose la operabilidad del sistema HPCS y se debe restaurar la inoperabilidad del sistema RCIC dentro de los 14 días siguientes o llevar el reactor a una parada en caliente en las siguientes 12 horas y reducir la presión en el domo de la vasija a menos de 10.5 kg/cm^2 dentro de las siguientes 24 horas.

10.2.5 Pruebas y Mantenimiento

El sistema RCIC debe de ser demostrado operable de acuerdo a los siguientes requisitos de vigilancia:

a) Al menos una vez cada 31 días:

1.- Verificar que las tuberías del sistema desde la válvula de descarga de la bomba a la válvula de aislamiento del sistema se encuentren llenas con agua.

2.- Verificar que cada válvula en la trayectoria de flujo ya sea manual, operada con motor o automática estén en su posición correcta y no estén bloqueadas, selladas o aseguradas de otra manera.

b) Al menos una vez cada 3 meses:

1.- Verificar que la bomba del RCIC desarrolla un flujo mayor o igual a los 25.2 l/seg (400 gpm) a través de la línea de prueba.

c) Al menos una vez cada 18 meses:

1.- Realizar una prueba funcional del sistema la cual incluye actuación automática simulada y verificando que cada válvula automática en la trayectoria del flujo actúe correctamente. La inyección de refrigerante dentro de la vasija puede ser excluida de esta prueba.

2.- Verificar que el sistema pueda desarrollar un flujo mayor o igual a 25.2 l/seg (400 gpm).

3.- Verificar que la succión del RCIC sea transferida manualmente del tanque de almacenamiento de condensados a la piscina de supresión de presión.

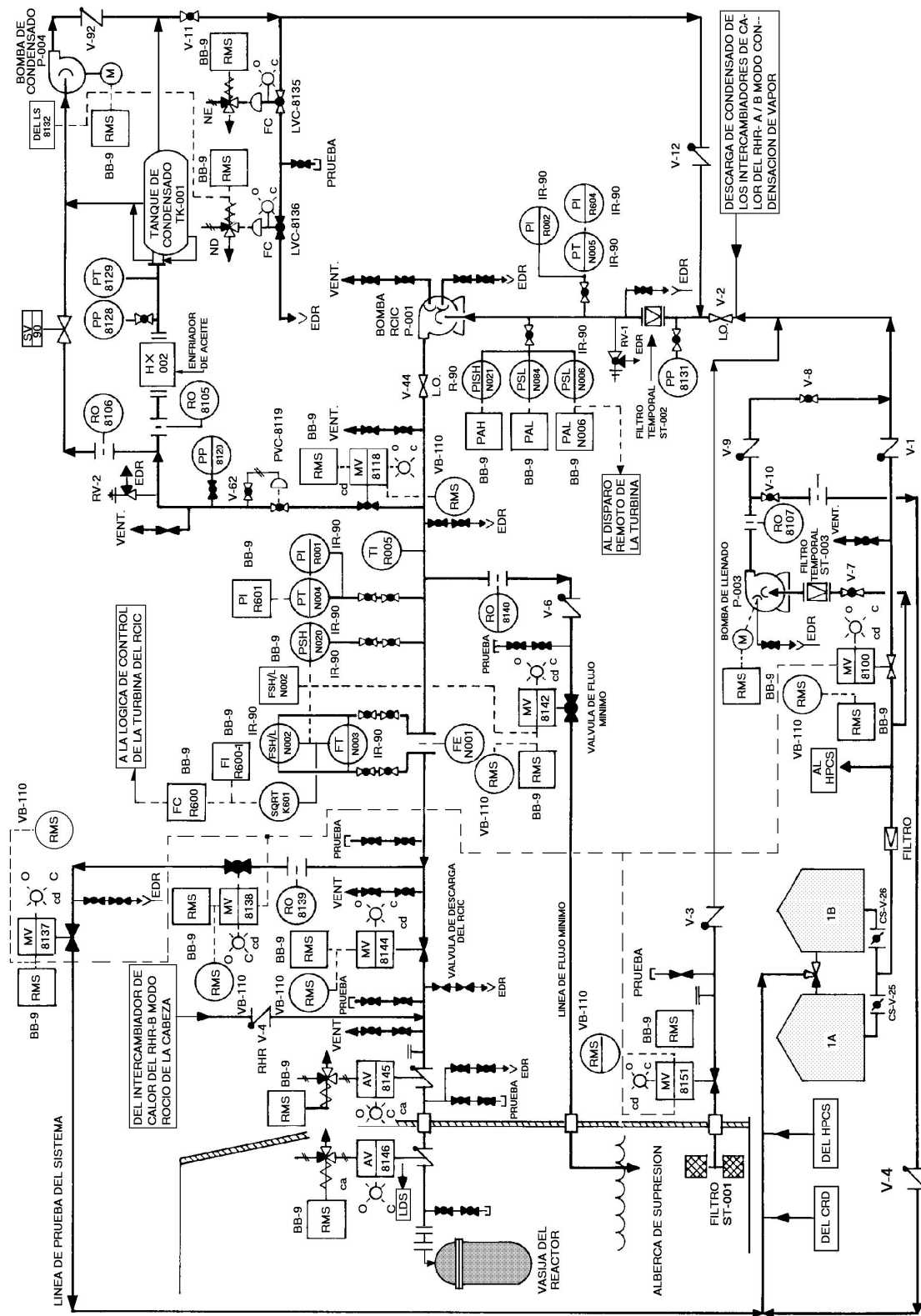


FIG. 10.2-1 CIRCUITO DE AGUA DEL RCIC

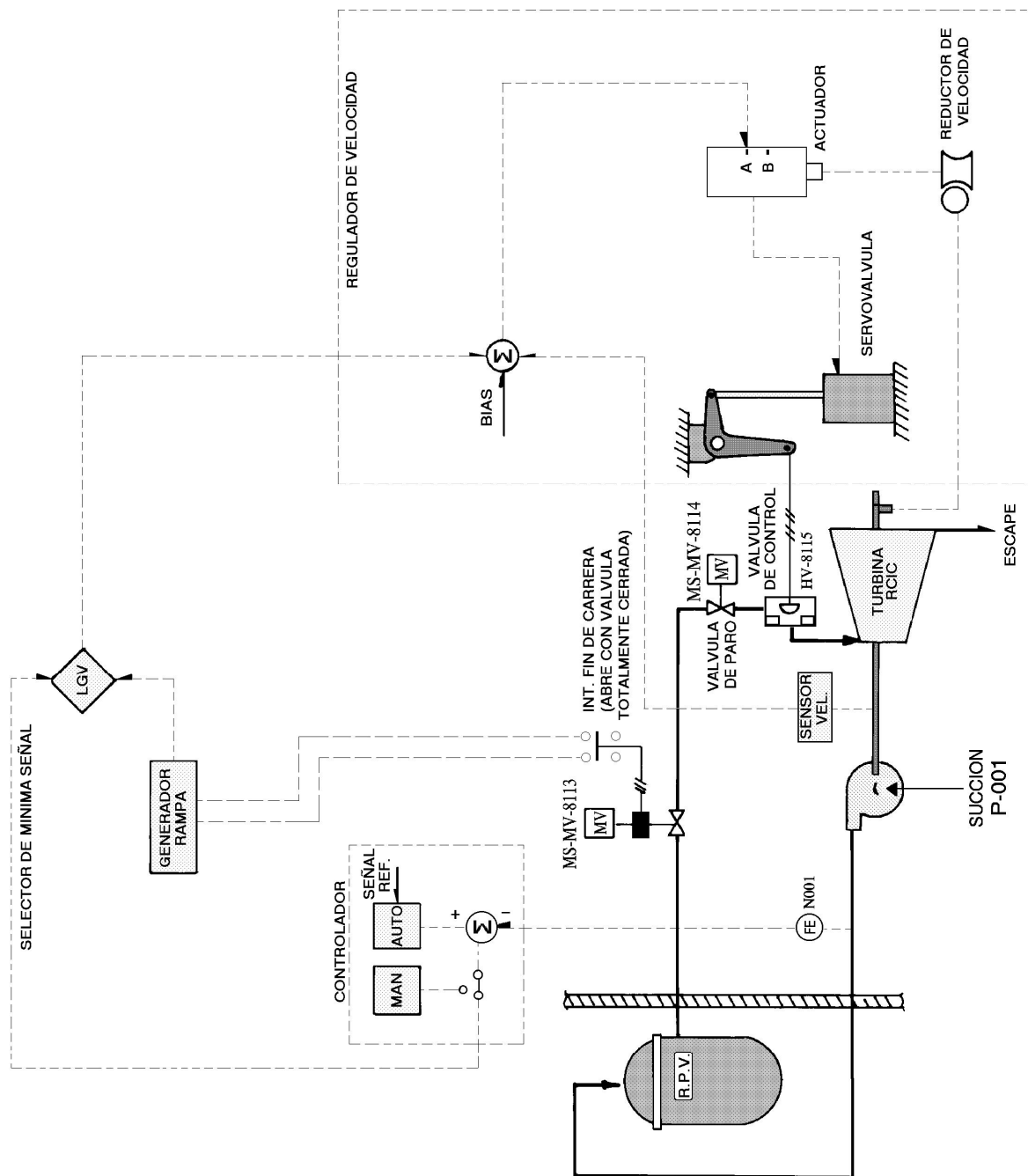


FIG. 10.2-2 ESQUEMA DE CONTROL DEL RCIC

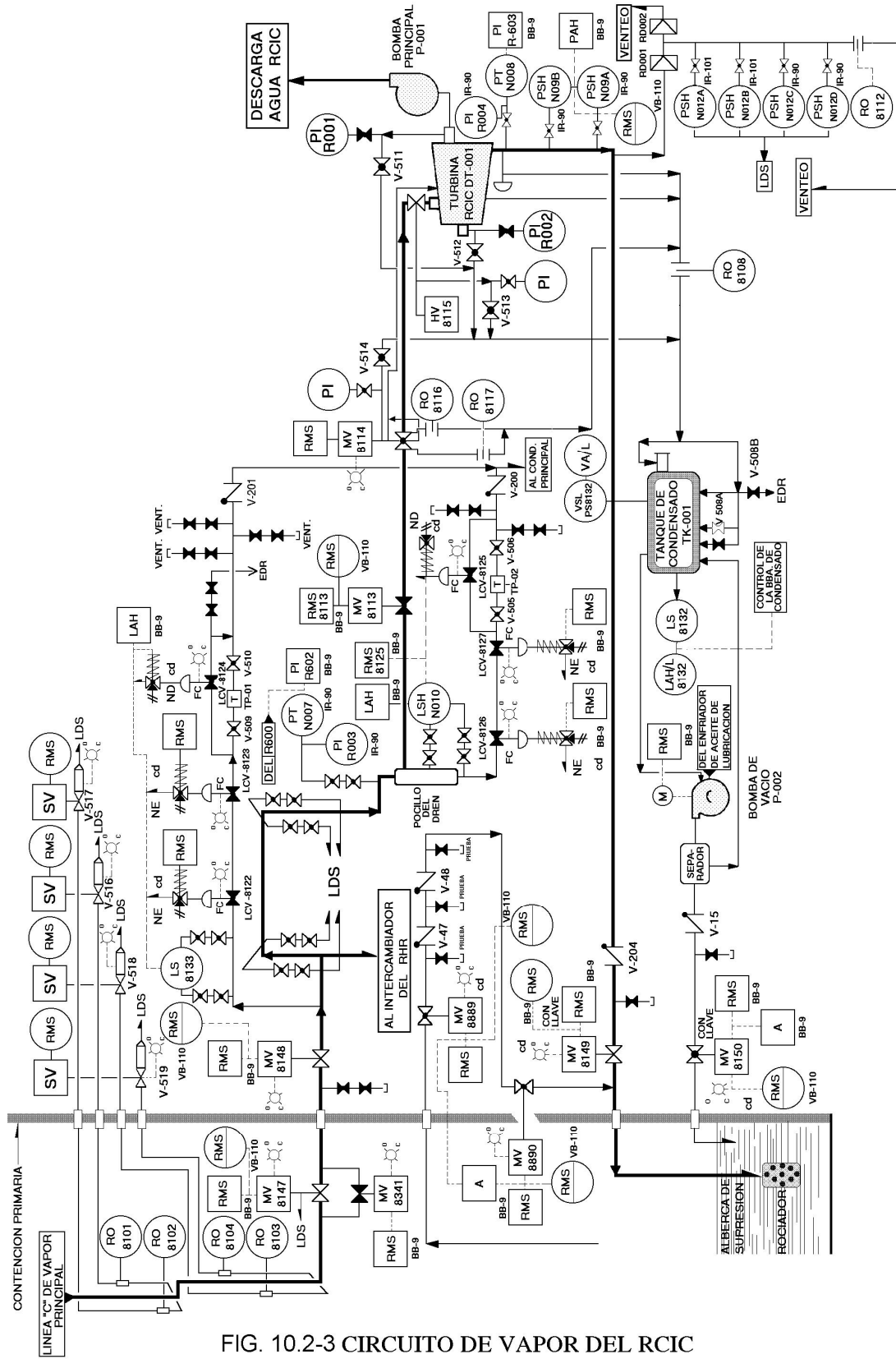


FIG. 10.2-3 CIRCUITO DE VAPOR DEL RCIC

10.3 INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE EMERGENCIA DEL NÚCLEO.

El propósito de estos sistemas (ECCS: Emergency Core Cooling Systems), en conjunción con los Sistemas de Contención, es limitar la liberación de materiales radiactivos al ambiente después de un accidente de pérdida de enfriador (LOCA), de tal manera que las exposiciones a la radiación se mantengan inferiores a los valores indicados en el 10 CFR 100.

Los ECCS son los siguientes:

- 1.- Sistema de Aspersión del Núcleo a Alta Presión (HPCS: High Pressure Core Spray).
- 2.- Sistema Automático de Despresurización (ADS: Automatic Depresuration System).
- 3.- Sistema de Aspersión del Núcleo a Baja Presión (LPCS: Low Pressure Core Spray).
- 4.- Modo de Inyección de Enfriador a Baja Presión del Sistema de Remoción del Calor Residual (LPCI mode of RHR).

Estos sistemas se muestran en la figura 10.3-1.

10.3.1 Criterios de Aceptación de los ECCS.

Estos criterios de aceptación están listados en el 10 CFR 50.46, y establecen en forma específica las bases de diseño de estos sistemas como sigue:

- 1) La temperatura máxima calculada del encamisado del combustible, no excederá los 2200 °F (1204 °C).
- 2) La oxidación local total calculada del encamisado, no excederá en parte alguna 0.17 veces el espesor total del encamisado original antes de la oxidación.
- 3) La generación total calculada de hidrógeno producido por la reacción química entre el agua y vapor con el encamisado, no excederá 0.10 veces a la cantidad que hipotéticamente sería generada si todo el encamisado (excluyendo el encamisado que circunda al volumen del plenum) interviniese en dicha reacción.
- 4) Los cambios calculados en la geometría del núcleo serán tales que no impidan el enfriamiento del mismo.
- 5) Después de cualquier inicio exitoso de la operación de los ECCS, la temperatura calculada del núcleo será mantenida en un valor aceptablemente bajo, y el calor de decaimiento será extraído durante

todo el tiempo requerido por la radiactividad de larga vida que permanece en el núcleo.

10.3.2 Bases de Diseño

Los ECCS están diseñados para proporcionar protección contra accidentes de pérdida de enfriador (LOCAS) postulados, causados por rupturas en tuberías de los sistemas primarios. Además de satisfacer los criterios de aceptación mencionados en el párrafo anterior, los ECCS se diseñan para cubrir los siguientes requisitos:

- 1) Se proporciona protección para cualquier ruptura de línea en cualquier sistema primario, incluyendo la ruptura en guillotina de la tubería más grande.
- 2) Se proveen dos métodos independientes y diferentes (inundación y aspersión) para el enfriamiento del núcleo.
- 3) Existe un sistema de enfriamiento de alta presión, el cual es capaz de mantener el nivel del agua por encima de la parte superior del núcleo, y evitando la actuación del sistema automático de despresurización para rupturas de líneas menores a una pulgada de diámetro nominal.
- 4) No se requiere de acción del operador hasta que han transcurrido diez minutos después del accidente, para permitir al operador la evaluación y la toma de decisiones.
- 5) Se proporcionan fuentes de agua suficientes, y los equipos, tuberías y bombas necesarios, de tal manera que la contención primaria y el núcleo del reactor puedan inundarse, y posibilitar así la remoción del calor del núcleo después de un accidente de pérdida de enfriador.
- 6) En el evento de una ruptura en un tubo que sea parte de la frontera de presión del enfriador del reactor, la falla de un sólo componente activo en los ECCS no impedirá la iniciación automática y ni la operación exitosa del número mínimo de ECCS requerido para mitigar las consecuencias del accidente.
- 7) Aproximadamente diez minutos después del LOCA, deberá existir la posibilidad de admitir agua procedente del Sistema de Agua de Servicio Nuclear en los intercambiadores de calor del sistema RHR, de acuerdo a los procedimientos de operación de la central, en preparación para proporcionar enfriamiento a largo plazo del núcleo del reactor y de la contención.
- 8) Los circuitos de iniciación de los ECCS detectan una combinación de señales de alta presión en el pozo seco, y/o de bajo nivel en la vasija; tales señales son redundantes de manera que una falla simple no impida la operación de los ECCS, ni provoque su operación inapropiada.

- 9) Las funciones de aislamiento de la contención primaria no interferirán con las funciones de los ECCS para enfriar el núcleo. El diseño e instalación de las bombas de los ECCS será tal que sus requisitos específicos de NPSH estén satisfechos.
- 10) El sistema Automático de Despresurización (ADS) será capaz de realizar su función aún con una falla simple (falla de una válvula).
- 11) Los ECCS se diseñan para estar protegidos contra los efectos de latiguo de tuberías, fuego, proyectiles, caída de objetos, alta temperatura, alta presión y alta humedad.
- 12) Los componentes de los ECCS instalados en el interior de la vasija, se diseñan para soportar las cargas mecánicas transitorias generadas durante un LOCA, de tal forma que el flujo de enfriador hacia el núcleo no sufra restricciones.
- 13) Los ECCS serán capaces de mitigar las consecuencias de un LOCA, con o sin la disponibilidad de energía eléctrica externa al sitio.
- 14) La independencia entre los ECCS debe ser tal que una falla simple no impedirá el enfriamiento requerido del núcleo. Tal independencia se lleva a cabo mediante la separación siguiente:

División I	LPCS, LPCI "A", ADS "A"
División II	LPCI "B", LPCI "C", ADS "B"
División III	HPCS

Dichas divisiones tienen un total independiente de suministro eléctrico, y una separación física total en instalaciones y equipos, como puede apreciarse en la figura 10.3-2.

- 15) El diseño de los ECCS permite efectuar pruebas de los mismos durante los modos de operación normal de la central.
- 16) Los ECCS se diseñan de acuerdo a la Clase Sísmica I.

10.3.3 Señales de Iniciación de los ECCS

Las condiciones que indican que un LOCA está en progreso, son:

- Alta presión en el pozo seco.
- Bajo nivel de agua en la vasija.

El punto de ajuste correspondiente al Nivel 2 (- 90 2cm), indicativo de bajo nivel en la vasija, está fijado lo suficientemente bajo para permitir que el HPCS, y/o el RCIR, suministren enfriador y recuperen el nivel ante el caso de pequeñas rupturas en tuberías o pequeñas pérdidas de agua de alimentación, sin que sea necesaria la actuación de los ECCS de baja presión.

El punto de ajuste correspondiente al Nivel 1 (-313.7 cm) permite que los LPCI "A", "B" y "C"

arranquen con tiempo suficiente para reinundar la vasija del reactor antes de que la temperatura del encamisado del combustible alcance los (2200 °F) 1204 °C, después de la ocurrencia de un LOCA.

El punto de ajuste correspondiente a la alta presión en el pozo seco (0.118 kg/cm^2), es suficientemente elevado para evitar una iniciación inadvertida provocada por fluctuaciones normales en la presión de la atmósfera del pozo seco, pero también lo suficientemente bajo para garantizar el oportuno enfriamiento del núcleo. La señal de alta presión en el pozo seco es enviada a todos los ECCS.

10.3.4 Desempeño Integrado de los ECCS

El desempeño de los ECCS como un paquete integrado se evalúa mediante la determinación del ECCS que permanece operativo después de un LOCA postulado (concurrente con la pérdida del suministro eléctrico preferente), e incluyendo una falla simple de un componente activo de uno de los sistemas de enfriamiento de emergencia.

Los ECCS que permanecen operativos deben ser adecuados sobre todo el espectro de LOCAS. El desempeño integrado de los ECCS se muestra en la figura 10.3-3 para LOCAS pequeños y medianos, y en la figura 10.3-4 para LOCAS grandes, incluyendo las peores fallas simples.

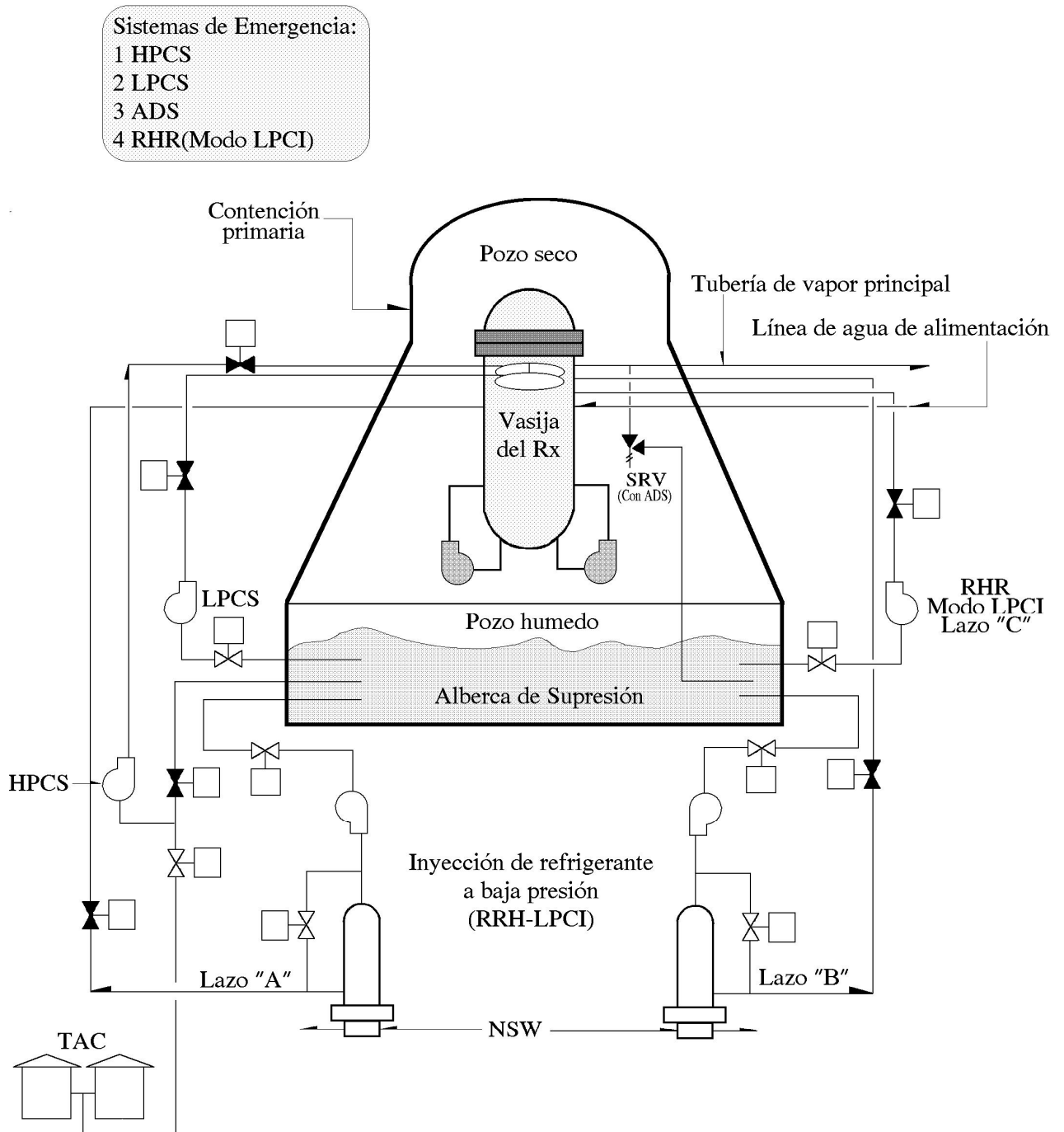


FIG. 10.3-1 DIAGRAMA ESQUEMATICO DE LOS SISTEMAS DE ENFRIAMIENTO DE EMERGENCIA DEL NUCLEO (ECCS)

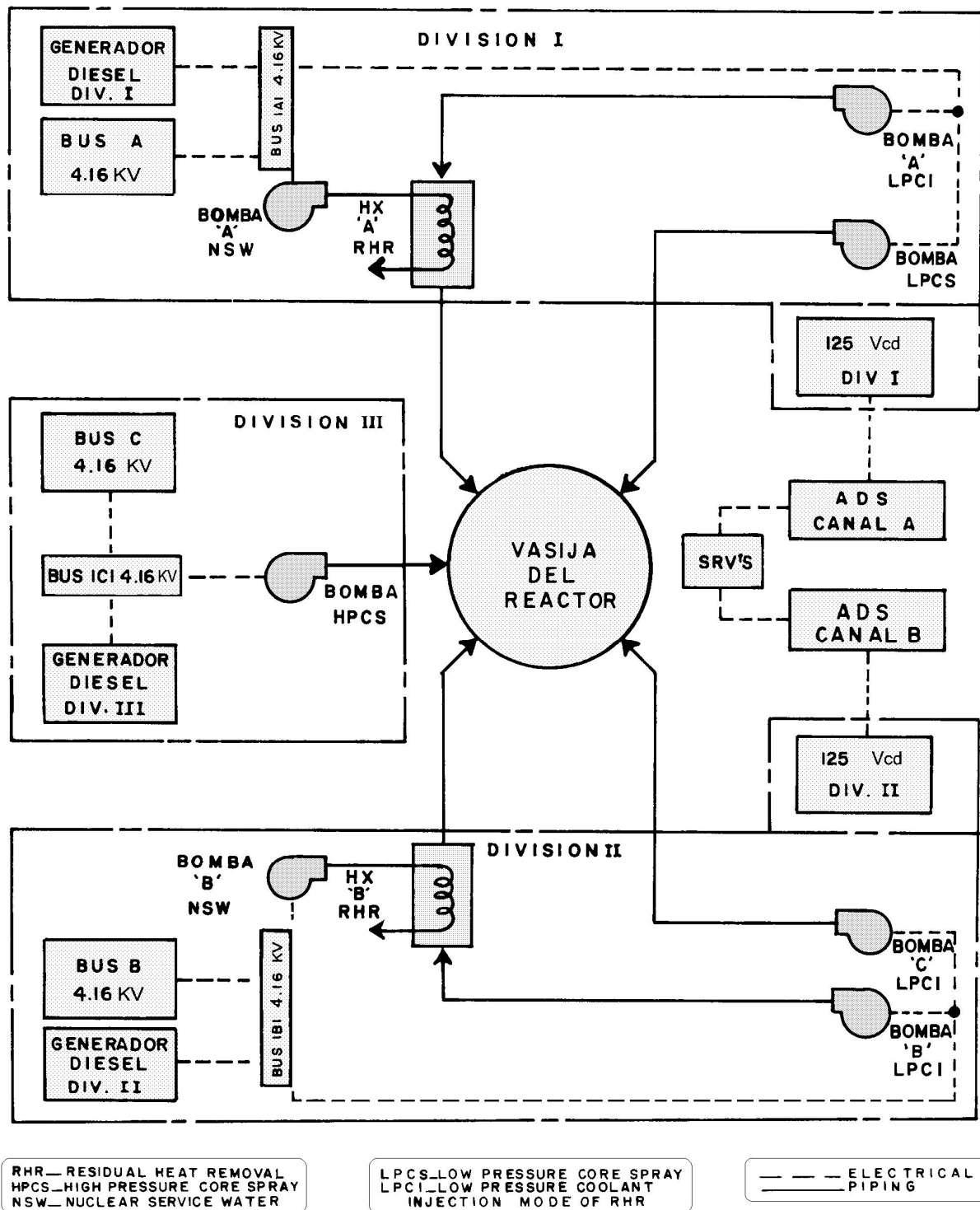


FIG. 10.3-2 ASIGNACION DIVISIONAL DE LOS ECCS

10.4. SISTEMA DE ASPERSION DEL NUCLEO A ALTA PRESION (HPCS)

10.4.1 Propósito del Sistema (Fig. 10.4-1)

El propósito del sistema HPCS es proporcionar automáticamente enfriamiento y reposición de inventario de refrigerante en el núcleo del reactor después de un accidente de pérdida de refrigerante (LOCA), independientemente de la actuación de cualquier otro sistema de los ECCS.

Esto es realizado mediante el bombeo de agua desde el tanque de almacenamiento de condensados o desde la piscina de supresión de presión y descargando el agua en un aspersor de rocío localizado arriba de los ensambles de combustible en la vasija del reactor.

Las funciones primarias del sistema HPCS son:

- Mantener el inventario de refrigerante en caso de rupturas pequeñas en las que no se despresuriza la vasija del reactor;
- Suministra suficiente flujo, después de un apagado rápido mediante la inserción súbita de barras de control en el reactor (SCRAM), para despresurizar la vasija del reactor en un accidente de pérdida de refrigerante (LOCA);
- Continúa operando hasta que la presión en la vasija del reactor esté por debajo de la presión a la que el sistema de aspersión del núcleo a baja presión (LPCS) y el sistema de inyección de enfriador a baja presión (LPCI) puedan operar y así mantener el enfriamiento del núcleo.

Las funciones secundarias del sistema HPCS son:

- Suministrar inventario de agua a la vasija en el evento de aislamiento del reactor y falla del sistema para enfriamiento del núcleo con el reactor aislado (RCIC);
- Aún con la falla de los trenes A y B del sistema de remoción de calor residual (RHR), el sistema HPCS puede alargar el período de enfriamiento del núcleo mediante su operación continua;
- Puede ser usado para mantener el núcleo inundado en caso de falla de los siguientes sistemas: sistema de aspersión del núcleo a baja presión (LPCS); sistema de inyección de enfriador a baja presión (LPCI-A, B y C); sistema para enfriamiento del núcleo con el reactor aislado (RCIC); y el sistema de agua de alimentación.

10.4.2 Descripción General (Fig. 10.4-2 y 10.4-3)

El HPCS consiste de dos válvulas de succión, una a partir del tanque de almacenamiento de condensados (MV-8169) que es la fuente preferida y la otra a partir de la fuente alterna que es la piscina de supresión de presión (MV-8182), la bomba del HPCS (P-001), una válvula de flujo mínimo (MV-8177), dos válvulas de prueba hacia el tanque de almacenamiento de condensados (MV-8187 y MV-8185), una válvula de prueba hacia la piscina de supresión de presión (MV-8184), una válvula de inyección (MV-8189), una válvula de retención con

dispositivo de prueba (AV- 8190), un aspesor de rocío localizado dentro de la vasija sobre el núcleo del reactor y su tubería e instrumentación asociada.

Tanques de Condensados (CS-TK-001A y B), cada tanque tiene una capacidad de 1'135,500 litros (300,000 gal) y se reservan 378,500 litros (100,000 gal) de agua para la operación de los sistemas HPCS y RCIC. El tanque CS-TK-001B está alineado para ser usado durante la operación del HPCS y RCIC, la transferencia para succionar del otro tanque se hace manualmente.

10.4.3 Alineación de Componentes (Tabla 10.4-1)

- Válvula de succión a partir del tanque de condensados (MV-8169), esta válvula operada por motor está normalmente abierta, y no abrirá o cerrar automáticamente si la válvula de succión a partir de la piscina de supresión (MV-8182) está completamente abierta. Al recibir la señal de iniciación la válvula MV-8169 abrirá automáticamente si se encuentra cerrada.

- Cuando se alcance bajo nivel en el tanque de condensados o se alcance alto nivel en la piscina de supresión (8.077 m), la válvula de succión de la piscina (MV-8182) abrirá y la válvula de succión desde el tanque de almacenamiento de condensados (MV-8169) cerrará.

- Válvula de succión a partir de la piscina de supresión (MV-8182), esta válvula es operada por motor, normalmente cerrada. Esta abre cuando existe bajo nivel en el tanque de condensados o existe un alto nivel en la piscina de supresión, así se mantiene una succión continua para la bomba del HPCS. Esta válvula tiene un enclavamiento que no permite su apertura si las válvulas de prueba hacia el tanque de condensados estuvieran abiertas.

- El sistema HPCS tiene una bomba de llenado (P-002) que succiona agua del tanque de condensados y la descarga después de la válvula de retención (V-3) para mantener llena y presurizada la línea a una presión nominal de 4.6 Kg/cm² (65 psig).

- La bomba del HPCS (P-001) es centrífuga, con 100% de capacidad, con un flujo nominal de 4150 l/min (1096 gpm) a 80 Kg/cm² (1130 psig). Las capacidades de la bomba a diferentes presiones del reactor son:

PRESION DEL REACTOR MENOS
LA PRESION DE SUCCION

FLUJO

81.5 Kg/cm ² (1160 psig)	1 381 l/min (365 gpm)
79.0 Kg/cm ² (1130 psig)	4 144 l/min (1095 gpm)
14.0 Kg/cm ² (200 psig)	14 080 l/min (3720 gpm)
1.4 Kg/cm ² (20 psig)	17 033 l/min (4500 gpm)

- La bomba es operada por un motor de 1680 KW (2250 HP), que es alimentada de la división III del bus crítico 1C1 de 4160 Volts. La bomba es autoenfriada por una pequeña recirculación de agua tomada de la descarga. La cabeza de succión neta positiva (NPSH) es de 3.5 m (11.5 ft) como mínimo, y es proporcionada con la piscina de supresión a 0 Kg/cm² (14.7 psia) y la temperatura del agua a 100 °C (212 °F). La bomba arrancará automáticamente cuando la lógica del sistema reciba señales de iniciación o desde el panel BB-9 en el cuarto de control con la maneta de control del interruptor (S-2).

- Válvula de mínimo flujo (MV-8177), es una válvula normalmente cerrada, operada automáticamente por motor, que durante condiciones de alta presión y bajo flujo a la descarga de la bomba la válvula abre y dirige el flujo a la piscina de supresión. Al medir una combinación de presión en la descarga de la bomba mayor de 8.4 Kg/cm^2 (120 psig) y un flujo menor de 30 l/seg (475 gpm) la válvula automáticamente abre. La válvula cerrará cuando cualquier señal ya sea de baja presión o de alto flujo sea medido. Esta válvula está diseñada para abrir con una presión diferencial de 105 Kg/cm^2 (1500 psig). La válvula puede ser operada desde el panel BB-9 del cuarto de control con la maneta de control del interruptor (S-12).

- Válvulas de prueba (MV-8187 y MV-8185) del sistema hacia el tanque de condensados, estas válvulas de globo son normalmente cerradas del tipo de estrangulamiento operadas por motor. Estas pueden ser abiertas por el operador bajo cualquier condición mediante las manetas S-10 y S-11 localizadas en el panel BB-9 del cuarto de control. Si las válvulas están abiertas éstas cerrarán automáticamente al recibir señal de iniciación el sistema y también cerrarán automáticamente si la válvula de succión de la piscina de supresión (MV-8182) está abierta.

- Válvula de prueba del sistema hacia la piscina de supresión (MV-8184), es una válvula de globo normalmente cerrada, del tipo de estrangulamiento y operada por motor. Esta puede ser abierta por el operador bajo cualquier condición mediante la maneta S-23 localizada en el panel BB-9 del cuarto de control. Si la válvula está abierta cerrará automáticamente al recibir señal de iniciación el sistema.

- Válvula de inyección al reactor (MV-8189), es una válvula de compuerta normalmente cerrada, operada por motor. Esta abre automáticamente al recibir la señal de iniciación el sistema y es capaz de abrir con la máxima presión diferencial de 105 Kg/cm^2 (1500 psig). La válvula puede ser abierta desde el panel BB-9 del cuarto de control mediante la maneta S-4. Cuando la válvula está abierta permanece así hasta que una condición de alto nivel (nivel 8) en el reactor es alcanzado, a un nivel nominal de +149 cm (+59 pulg), al cual ésta cerrará. La válvula permanecerá cerrada hasta que una subsecuente condición de bajo nivel se alcance -90.2 cm (-35.5 pulg) a la cual reabrirá.

- Válvula de retención probada con aire (AV-8190), abrirá cuando la presión de descarga del sistema sea mayor a la presión del reactor. La operabilidad de la válvula se verifica durante la operación normal de la planta.

10.4.4 Iniciación del Sistema (Fig. 10.4-4 y 10.4-5)

La lógica de iniciación automáticamente inicia y controla la operación del sistema HPCS cuando se alcanza el nivel 2 en el reactor [- 90.2 cm (-35.5 pulg)] o alta presión en el foso seco [0.12 Kg/cm^2 (1.68 psig)]. Esta lógica de iniciación es completamente redundante de modo que una falla simple de cualquier sensor de presión o de nivel no puedan inhabilitar su operación. Existen 4 sensores de nivel y 4 sensores de presión configurados en una lógica de una de dos, dos veces. En el evento que el HPCS no arranque automáticamente durante un LOCA, el operador tiene la opción de iniciar manualmente el sistema por medio del botón de iniciación manual S-2.

Cuando la señal de iniciación del HPCS es recibida por la circuitería de detección, el generador diesel división III recibe también señal de arranque para suministrar potencia al bus crítico de la división III en caso de que no haya potencia externa.

Cuando el sistema recibe señal de iniciación ya sea manual o automática, primeramente la válvula de succión de la línea del tanque de condensados (MV-8169) recibe señal de apertura, aunque esta válvula esté normalmente abierta, después la válvula de inyección (MV-8189) recibe señal de apertura, esta válvula se encuentra normalmente cerrada abriendo en 12 segundos después de recibida la señal, posteriormente la bomba (P-001) arranca alcanzando su flujo nominal en 27 segundos después de recibir la señal de iniciación, las válvulas de prueba (MV- 8187, MV-8185 y MV-8184) reciben señal de cierre, éstas son válvulas normalmente cerradas.

La válvula en la línea de mínimo flujo (MV-8177) abre cuando la bomba arranca y cierra cuando el flujo en la línea es mayor de 30 l/seg.

El sistema se dispara automáticamente cuando se ha alcanzado alto nivel en la vasija del reactor, nivel 8 [+143 cm (56.5 pulg)], cerrando la válvula de inyección, y la bomba podrá continuar operando a través de la válvula de mínimo flujo hasta que la válvula de inyección abra nuevamente cuando la lógica sense bajo nivel (nivel 2) en la vasija del reactor.

10.4.5 Relación con Otros Sistemas (Fig. 10.4-6)

El sistema HPCS requiere para su operación de los siguientes sistemas soporte, ver figura 10.4-6.

Bus crítico 1C1 de 4160 Volts C.A. div.III que alimenta a la bomba principal y al centro de control de motores MCC 14C1 de 480 Volts C.A. y éste a su vez proporciona potencia eléctrica a las motoválvulas, a la bomba de llenado del sistema y al enfriamiento del cuarto de la bomba.

Bus 1C de 125 Volts C.D. que alimenta a todos los relevadores de la lógica de actuación y a los del generador diesel división III.

Sistema de ventilación de emergencia del edificio del reactor división III proporciona ventilación al cuarto de la bomba y éste a su vez requiere del sistema de agua de servicio nuclear (NSW) división. III.

Los sistemas soporte que no fueron considerados son el sistema de aire de instrumentos, éste únicamente se utiliza para hacer la prueba remota de la válvula de retención con dispositivo de prueba (AV-8190) y por lo tanto no afecta la operabilidad del sistema HPCS.

Las componentes que el sistema HPCS comparte con el sistema RCIC son:

- Tanque de almacenamiento de condensados.
- Válvula manual de succión del tanque de condensados (CS-V-26).
- Cedazo de succión (CS-ST-010).

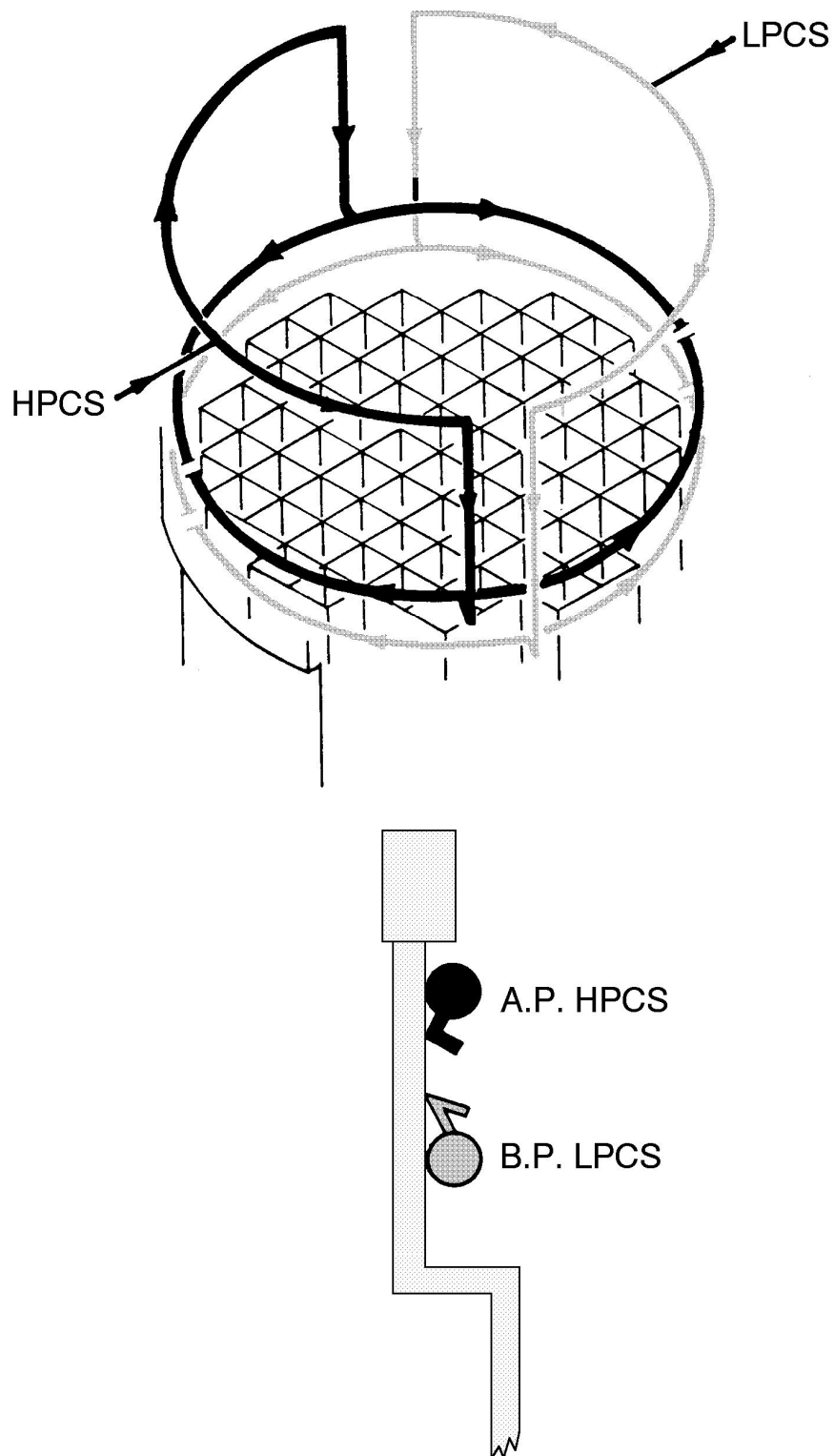


FIG. 10.4-1 DISPOSICION DE LOS ANILLOS DISTRIBUIDORES DE ROCIO DEL NUCLEO

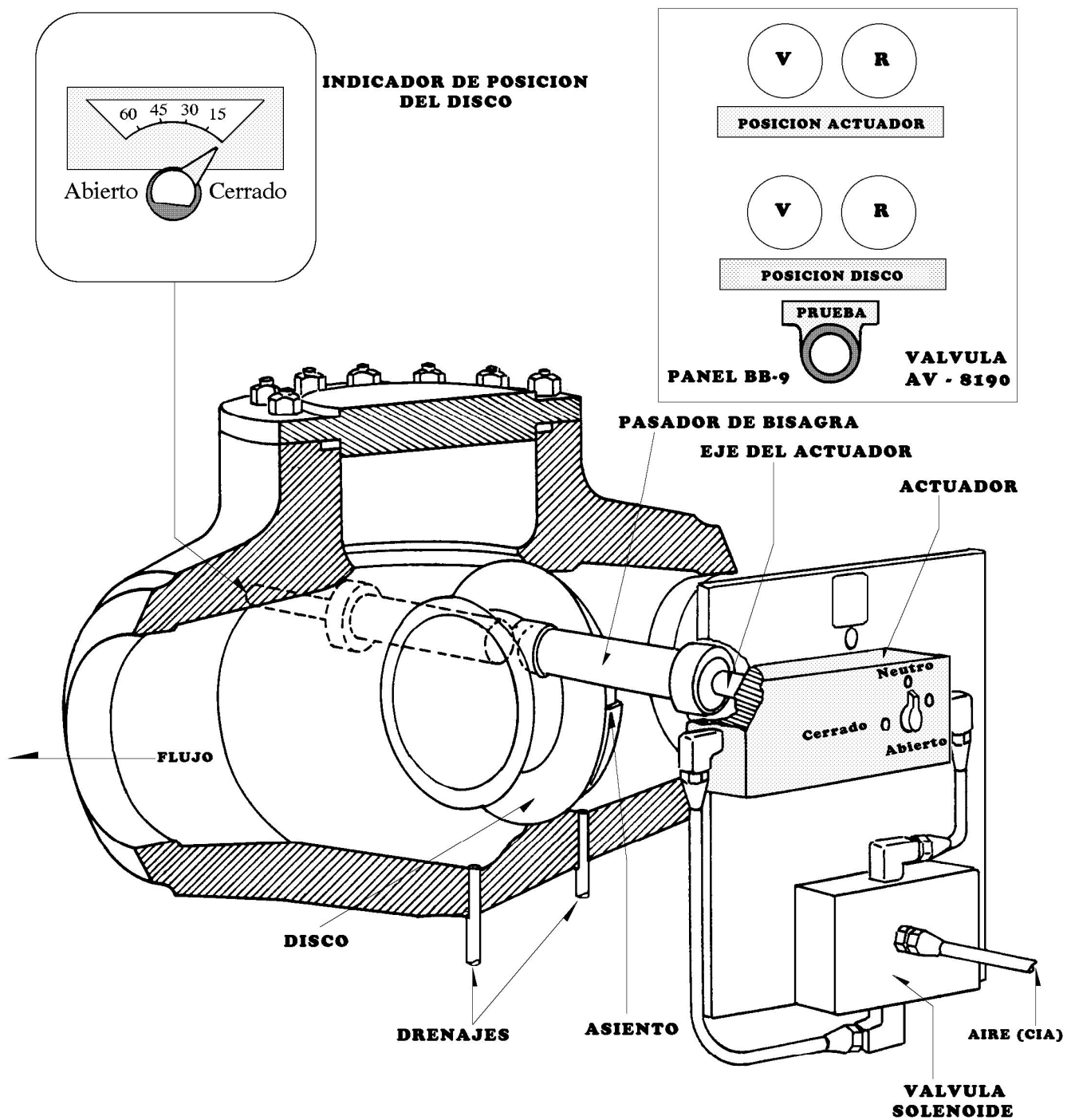


FIG. 10.4-3 VALVULA CHECK CON DISPOSITIVO DE PRUEBA (AV-8190)

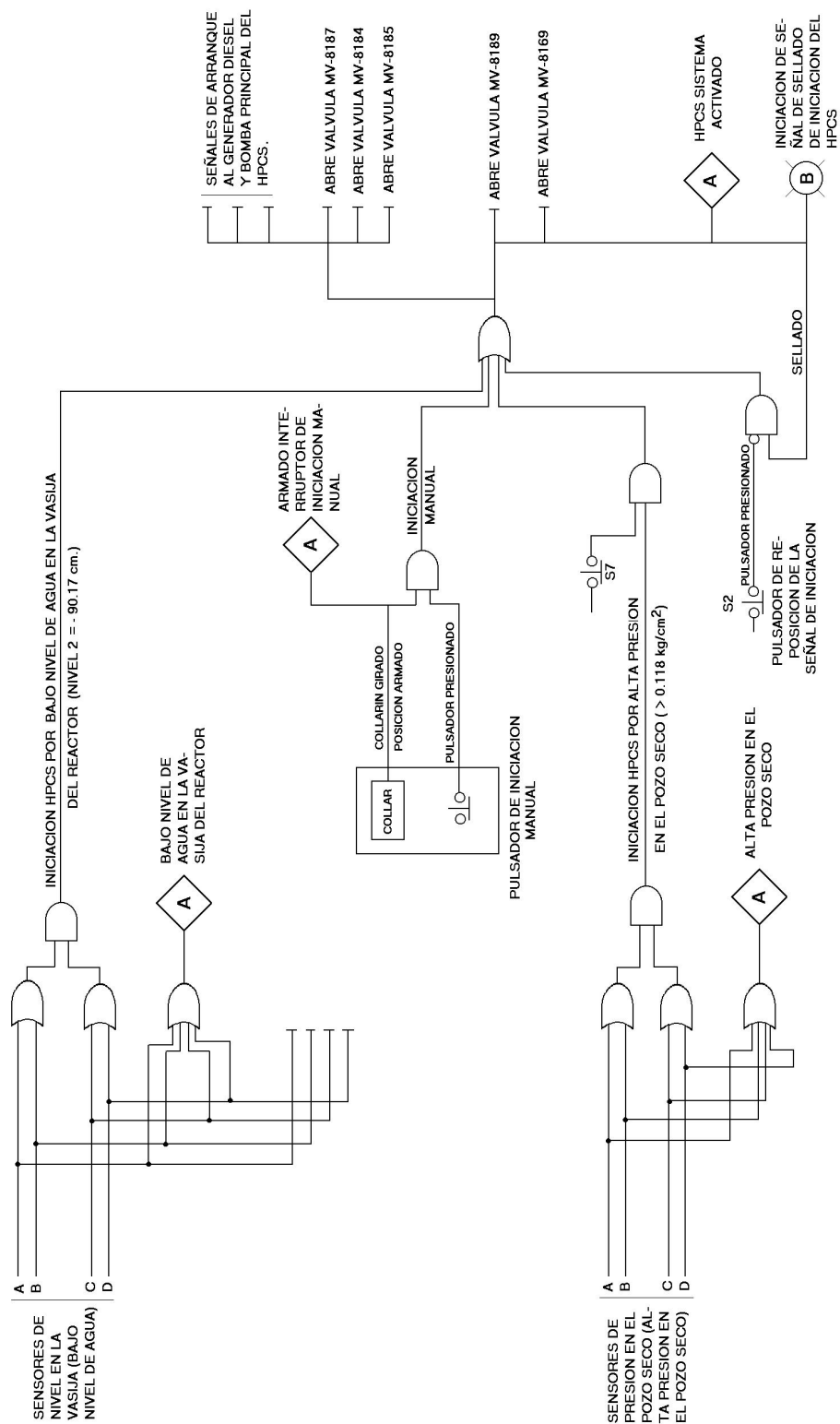


FIG. 10.4-5 LOGICA UNO DE DOS, DOS VECES DE INICIACION DEL HPCS

10.5. SISTEMA AUTOMATICO DE DESPRESURIZACION (ADS)

10.5.1 Propósito del Sistema

El propósito del sistema automático de despresurización (ADS: Automatic Depresurization System) es prevenir la sobrepresurización de la vasija del reactor y así prevenir la falla de la frontera de presión la cual puede resultar en la liberación de los productos de fisión al contenedor primario.

La despresurización rápida del reactor se consigue por medio de la descarga del vapor hacia la alberca de supresión, por medio de cinco válvulas de alivio y seguridad. (SRV's)

De acuerdo al tipo de rotura, el ADS puede efectuar las siguientes funciones:

- a) Disminuir la presión del reactor si los sistemas de alta presión RCIC y HPCS no pueden mantener un nivel adecuado en la vasija del reactor en presencia de roturas medias.
- b) Servir como respaldo del sistema HPCS, en caso de que éste falle en su operación cuando existan roturas pequeñas.

10.5.2 Descripción General (Fig. 10.5-1)

El sistema de alivio de presión del reactor está orientado a prevenir la sobrepresurización en la vasija del reactor. La capacidad de las válvulas de alivio y seguridad es suficiente para prevenir un incremento en la presión dentro de la vasija del reactor de más del 110% de la presión de diseño que es de 96.7 Kg/cm². El sistema proporciona despresurización automática durante pequeñas rupturas en la tubería tal que los sistemas de aspersión del núcleo a baja presión (LPCS) y el de inyección de refrigerante a baja presión (LPCI) puedan operar para proporcionar suficiente enfriamiento al núcleo si son requeridos como un respaldo al sistema HPCS.

El sistema de alivio de presión del reactor está formado por 10 válvulas de alivio y seguridad montadas sobre 4 líneas de vapor principal, cinco de estas válvulas están diseñadas para operar con la función automática de despresurización (ADS), estas últimas tienen 2 solenoides adicionales para cada válvula, que están controladas por cuatro cadenas distribuidas en dos lógicas independientes.

El sistema ADS comprende dos sistemas de actuación: los sensores de división I que inician la lógica del ADS "A" y "C" mientras que la división II inicia los del ADS "B" y "D". Las válvulas de alivio son comunes a ambos sistemas de disparo, existiendo separación entre la instrumentación y controles de las dos divisiones. Los ADS "A" y "B" están mecánica y eléctricamente separados de otros grupos funcionales del sistema de emergencia de enfriamiento del núcleo.

El ADS es un sistema que no es requerido durante la operación normal de la planta, y junto con los sistemas de inyección de baja presión actúan como respaldo del HPCS en caso de que falle éste para enfriar el núcleo del reactor durante un accidente. Si por algún motivo el nivel del agua baja hasta un nivel preestablecido, se inicia la función de un contador de tiempo para que después de 105 segundos, si el HPCS no funciona adecuadamente y si se tiene flujo disponible en las bombas LPCI y/o LPCS, actúe el ADS para despresurizar la vasija del reactor.

Esto se consigue mediante una señal eléctrica que abre las cinco válvulas de alivio por medio de un solenoide piloto (Figura 10.5-2). Estas al abrir permiten el paso de flujo neumático procedente del sistema de aire comprimido (CIA) hacia las válvulas de alivio. El aire a presión actúa sobre un operador tipo pistón de la válvula de alivio abriéndola y manteniéndola en esta posición para despresurizar el reactor. Las válvulas de alivio toman el vapor de las líneas principales y lo conducen a través de tuberías de descarga hacia la piscina de supresión a donde llega pasando por un difusor.

Una vez iniciada la actuación del ADS, las válvulas de alivio permanecerán abiertas hasta que el operador restablezca las señales de la lógica del ADS lo cual permiten que cierren de nuevo las válvulas. El operador puede iniciar en forma manual la actuación del sistema mediante un interruptor en el cuarto de control.

El suministro neumático para las válvulas solenoide proviene del CIA, el cual cuenta con un respaldo de suministro de nitrógeno a presión en caso de pérdida del suministro normal de aire.

El ADS cuenta con 5 válvulas de alivio (MS-RV-13C, F, G, L, R) de 20.3 cm (8 pulg) de diámetro de operación segura con actuador neumático y cargadas con resortes para su función seguridad, (Figura 10.5-3), cuatro válvulas rompedoras de vacío (VR-V-37, 38, 39, 40) en cada línea de descarga y un difusor al final de cada línea de descarga.

Cada válvula de alivio y seguridad cuenta con un sistema neumático para operar en modo de alivio. El sistema neumático consiste de una válvula de retención (V-398) y un acumulador (MS-TK-004). Las válvulas de alivio y seguridad dedicadas al ADS (RV-13C, F, G, L, R) cuentan con una válvula de retención adicional (V-399) y un acumulador (MS-TK-003) para la función de despresurización automática (ADS).

Las válvulas de alivio y seguridad normalmente están cerradas. En un evento de una condición de sobrepresión un número suficiente de válvulas de alivio y seguridad se abrirán para aliviar el exceso de presión desde la vasija del reactor hacia la piscina de supresión. Dependiendo de la severidad del incremento de presión cualquier número de válvulas SRV's podría abrir en su modo de operación alivio y/o modo seguridad. Las válvulas SRV's cerraran automáticamente si la presión está por debajo de los 7 Kg/cm² (100 psig).

El flujo de vapor continúa a la piscina de supresión vía los difusores (VR-Q-001 al 010) (Figura 10.5-4). Los difusores distribuyen el vapor para minimizar las cargas al volumen de aire de la contención y también proporcionan una efectiva transferencia de calor entre la piscina de supresión y la descarga de la mezcla de aire-vapor.

Dos válvulas rompedoras de vacío están localizadas en las líneas de descarga de las SRV y su propósito es evitar que después de la actuación de una válvula de alivio/seguridad y debido a la condensación de vapor en la línea de descarga se aspire agua de la piscina de supresión con lo que se tendría un golpe de ariete en una nueva actuación de la válvula SRV.

Las 10 válvulas SRV's son agrupadas y calibradas a varias presiones para prevenir una baja de presión repentina. En la tabla 3.4-8 se muestran los puntos de ajuste de esas válvulas (70 kg/cm² normal y 72.9 kg/cm² scram).

TABLA 3.4-8. PUNTOS DE AJUSTE DE LAS SRV's
(Tabla 5.2-2 FSAR)

LLS	VALVULA	GRUPO	MODO ALIVIO (kg/cm ²)	MODO SEGURIDAD
(70.72)	A	V	78.46	84.7
	B	IV	77.75	84.0
	C	I	75.65	80.7
	D	III	77.05	83.3
(73.54)	F	II	76.35	82.6
	G	I	75.65	80.7
	K	IV	77.75	84.0
(76.35)	L	II	76.35	82.6
	P	V	78.46	84.7
	R	III	77.05	83.3

Cada SRV descarga aproximadamente 408,240 Kg/hr (900,000 lbm/hr) de vapor desde las líneas de vapor principal a través de la tubería de descarga hacia el difusor, localizado 6.58 m (21.6 pies) por debajo del nivel mínimo de agua en la piscina de supresión.

Las válvulas SRV abren en dos diferentes modos, en el modo alivio y en el modo seguridad. En el modo de alivio, la válvula es abierta por un pistón neumático externo cuando el punto de ajuste es rebasado. En el modo seguridad cada válvula es abierta por la presión de vapor en la válvula, cuando se vence la presión del resorte que mantiene el disco de la válvula cerrado. El punto de ajuste del modo alivio es más bajo que el del modo seguridad. Un contacto de control manual puede también abrir las válvulas de alivio, desde el cuarto de control, por la energización de una válvula solenoide, la cual admite aire hacia el actuador neumático. El modo alivio entra en operación cuando una señal eléctrica es actuada por presión, energizando la válvula solenoide "C" localizada en el ensamble del actuador neumático. La válvula solenoide abre para permitir que el aire presurizado entre por debajo del cilindro neumático, empujando el pistón hacia arriba. Este pistón mediante un mecanismo abre la válvula. Cuando la presión disminuye las válvulas comienzan a cerrarse.

Las válvulas ADS reciben aire de los cabezales del aire de instrumentos del contenedor (CIA) (Figura 10.5-5). La división I suministra el aire a las válvulas ADS RV-13F, G , R. La división II proporciona aire a los acumuladores para las válvulas ADS (RV-13C, L). En caso en que los compresores del CIA fallen, las botellas de nitrógeno proporcionan suficiente presión para la operación de las válvulas ADS. También los acumuladores adicionales almacenan el aire en el caso en que el aire y las botellas de nitrógeno fallen.

Cada válvula SRV cuenta con una válvula de retención (V-398), un acumulador (TK-004) y una válvula solenoide. La válvula de retención evita el contraflujo en caso de que el suministro neumático normal falle. El acumulador almacena aire suficiente para proporcionar un actuación de las válvulas SRV en su modo alivio. La capacidad de los acumuladores es de 37.8 l (10 gal).

Así mismo cada válvula SRV con funciones de ADS cuenta con una válvula de retención adicional (V-399), un acumulador (TK-003) y dos válvulas solenoides adicionales. El acumulador cuenta con una capacidad de 159 l (42 gal).

Las válvulas solenoide están normalmente cerradas y energizadas y abren por medio de un contacto de control o recibiendo la señal de iniciación del ADS. Se requieren cuatro señales para la actuación del ADS: dos señales de iniciación, una señal retardada de tiempo y una señal permisiva de presión de descarga de una bomba. Las dos señales de iniciación usadas para el ADS son: muy bajo nivel de agua en el reactor (nivel 1) -313 cm (-143 pulg) cuyos indicadores de nivel son B22-LIS-N037A/B/C/D, alta presión en el foso seco 0.14 Kg/cm^2 cuyos contactos de presión son B22-PS-N048A/B/C/D y una confirmación de bajo nivel de agua en la vasija del reactor (nivel 3) +31.75 cm (+12.5.pulg) cuyos sensores de nivel son B22-LIS-N038A/B. Todas las señales deben de estar presentes en la división correspondiente para que las SRVs abran.

El bajo nivel en la vasija del reactor indica que el combustible está en peligro de quedar descubierto inicia el ADS. La alta presión en el foso seco indica una ruptura en los límites de presión del enfriador del reactor dentro del foso seco.

Para la iniciación automática del ADS se debe de adicionar una señal permisiva de presión en la descarga de las bombas del LPCI o LPCS que también es requerida para la iniciación manual del ADS (Figura 10.5-6). La presión de descarga en cualquiera de las tres bombas del LPCI es medida por los sensores PS-RHR-N016A/B/C o N019A/B/C y en la bomba del LPCS es medida por los sensores PIS-LPCS-N001 o PS-N009, cuando esta presión es mayor a 7 Kg/cm^2 se envía una señal permisiva a la lógica asociada a la división I o II del ADS. El LPCI-A y el LPCS proporcionan una señal al circuito de iniciación "A" y el LPCI-B y LPCI-C proporciona las señales al circuito de iniciación "B".

Un temporizador en cada circuito de iniciación proporciona un retraso de 105 segundos antes de que el ADS inicie su operación. El temporizador permite un tiempo suficiente para la actuación del HPCS antes de que funcione el ADS. El temporizador no queda sellado, si cualquiera de las condiciones de bajo nivel es aclarada, el temporizador será desactivado y restablecido a cero. Esto prevendrá la despresurización de la vasija del reactor a menos que el HPCS falle. Los 105 segundos que retarda son suficientemente pocos para asegurar que el LPCS y/o LPCI enfríen el núcleo efectivamente.

La iniciación manual del ADS se actúa presionando simultáneamente los botones S-24A y S-12A o S-24B y S-12B en el cuarto de control panel BB-9. Esta acción pasa por alto las señales de alta presión en el pozo seco y bajo nivel en el agua del reactor, condiciones requeridas para la iniciación. Los 105 segundos de retraso también son pasados por alto cuando se activa manualmente el ADS. Los permisivos de descarga de las bombas del LPCS o LPCI deben ser cumplidos para la iniciación manual.

Dos alarmas en el cuarto de control en el panel BB-9 indican que existe suficiente presión de descarga de las bombas del LPCI o LPCS para la iniciación del ADS.

El operador puede restablecer la señal de iniciación presionando el botón (S-11A/B), y el temporizador es restablecido a cero. El operador puede hacer esto para retrasar o prevenir la apertura automática de las válvulas de alivio, si esto es prudente.

Después del retraso de tiempo proporcionado por el temporizador y si la señal de iniciación y los permisivos permanecen presentes los solenoides de "A" y/o "B" son energizados. Esto permite

que la presión de los acumuladores (MS-TK-003C/F/G/L/R) actúen sobre el actuador del cilindro de aire para abrir las válvulas SRV. Sólo un solenoide energizado es requerido para la actuación de la SRV. Los paneles VB-22 y VB-31 indican si las válvulas solenoides están o no energizadas.

Todas las cinco válvulas de alivio y seguridad en el modo ADS son actuadas por cualquiera de los siguientes métodos: actuación automática en 105 segundos desde cualquiera de los circuitos de iniciación (división I o división II), iniciación manual del operador, los contactos de presión cierran como resultado de alta presión en el reactor (modo alivio) y actuación mecánica como resultado de alta presión (modo de seguridad).

10.5.3 Relación con Otros Sistemas

El sistema ADS requiere para su operación de los siguientes sistemas:

El sistema de 125 volts CD bus A suministra potencia al modo de operación alivio de las SRV y a los solenoides B de las válvulas ADS. El mismo sistema de 125 Volts CD Bus A y B suministran potencia a los circuitos de la lógica del ADS de la siguiente manera, bus A para la lógica A y C y bus B para la lógica B y D.

El sistema de aire de instrumentos de la contención alimenta a las SRV's para la actuación neumática, sin embargo los acumuladores proporcionan aire suficiente para que abran las SRV's una sola vez. Las válvulas SRV's pueden permanecer funcionando en el modo de seguridad si es requerido.

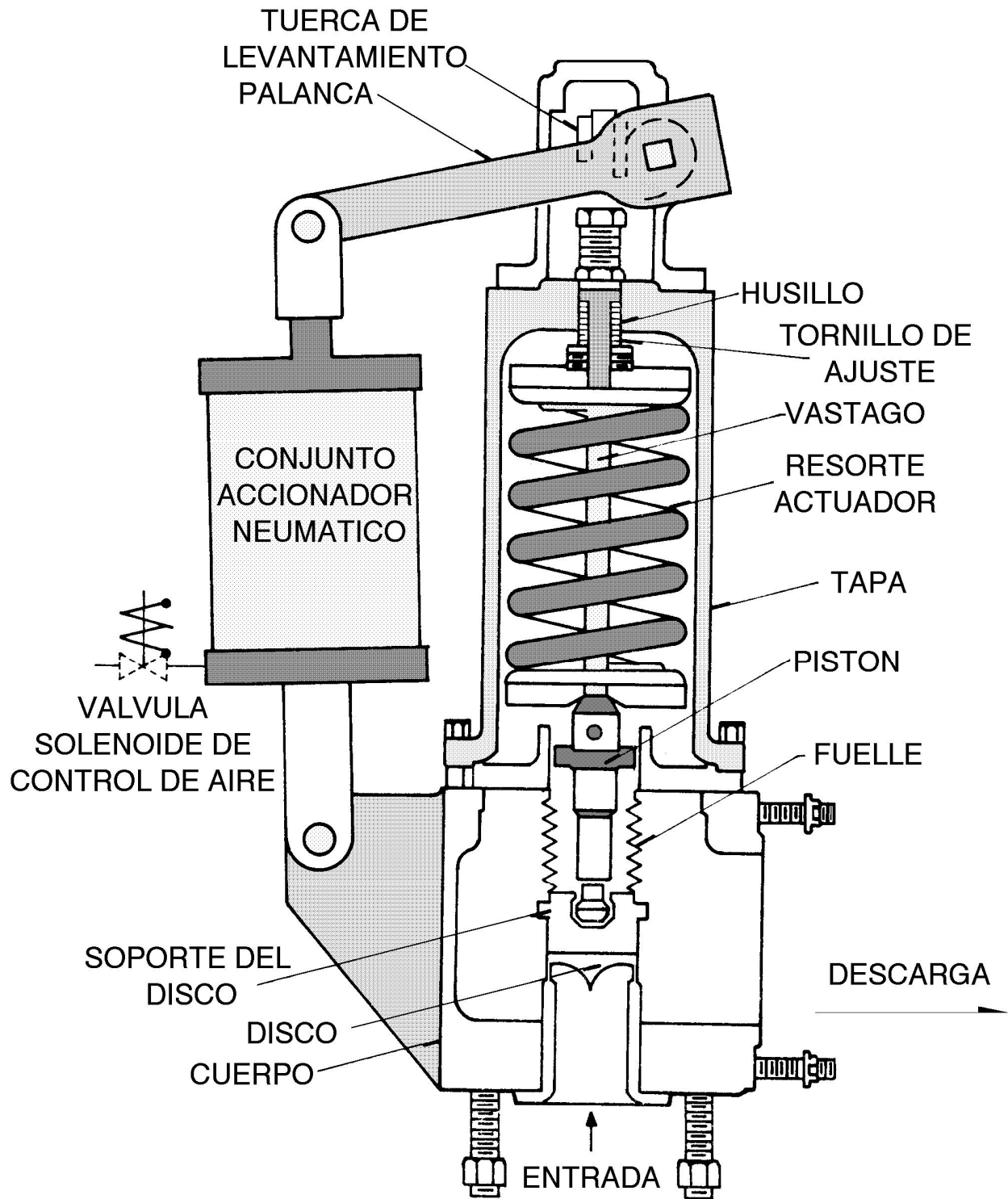


FIG. 10.5-2 VALVULA DE ALIVIO - SEGURIDAD

10.6 SISTEMA DE ASPERSION DEL NUCLEO A BAJA PRESION (LPCS)

10.6.1 Propósito del Sistema

El propósito del sistema LPCS es el de proporcionar automáticamente enfriamiento y reposición de inventario de agua al núcleo después de un accidente de pérdida de refrigerante (LOCA). Esto se logra mediante el bombeo de agua de la piscina de supresión de presión a través de la bomba de LPCS hacia un aspersor que se localiza sobre los ensambles de combustible en el reactor.

La función primaria del sistema es inyectar agua en forma de rocío en el reactor, desde la alberca de supresión bajo condiciones de emergencia, teniendo capacidad por si solo, para cubrir grandes roturas de tubería, y en combinación con el ADS, mitiga los accidentes con roturas intermedias y pequeñas.

El sistema LPCS en conjunto con el sistema de despresurización automática (ADS), es un respaldo del sistema de aspersión del núcleo a alta presión (HPCS) durante rupturas pequeñas (LOCA).

La función secundaria del sistema LPCS es que aún con la falla de ambos sistemas de remoción de calor residual (RHR) "A" y "B", el LPCS puede proporcionar el enfriamiento del núcleo a largo plazo por medio de su operación continua.

El LPCS puede ser usado también para mantener el núcleo cubierto si cualquiera de los siguientes sistemas fallan:

Sistema de Aspersión del Núcleo a Alta Presión (HPCS),
Sistema de Inyección al Núcleo a Baja Presión (LPCI) "A", "B" y "C"
Sistema para Enfriamiento del Núcleo con el Reactor Aislado (RCIC) y
Sistema de Agua de Alimentación (FWS).

10.6.2 Descripción General (Fig. 10.6-1)

El sistema LPCS tiene un solo circuito que consiste de una válvula de succión de la piscina de supresión de presión (MV-8152), la bomba principal (P-001), una válvula de flujo mínimo (MV-8161), una válvula de prueba hacia la piscina de supresión de presión (MV-8162), una válvula de inyección (MV-8166), una válvula de retención con dispositivo de prueba (AV-8167), un aspersor de rocío localizado dentro de la vasija sobre el núcleo del reactor y su tubería e instrumentación asociada.

Cuando el sistema LPCS entra en operación el agua fluye desde la piscina de supresión de presión a través del cedazo ST-001 y la válvula de succión de la bomba (MV-8152), cuando el cedazo se encuentra tapado en un 50% el NPSH de la bomba aún se puede satisfacer.

La válvula de succión (MV-8152) está normalmente abierta, su capacidad es del 100%, esta válvula es operada desde el cuarto de control con el contacto S-1 en el panel BB-9.

El sistema LPCS tiene una bomba de llenado (P-002) que succiona agua de la piscina de supresión desde un cabezal aguas abajo de la válvula de succión y descarga aguas abajo de la válvula de retención (V-1), esta bomba de llenado es compartida con el sistema RHR-A.

La bomba del LPCS (P-001) es del tipo centrífuga, con una capacidad del 100% y flujo nominal de 17,411 l/min (4600 gpm), la bomba es alimentada de la división I de 4160 volts. Esta bomba es autoenfriada por una pequeña recirculación de agua de descarga. La bomba puede manejar agua hasta una temperatura de 100 °C. La bomba puede ser arrancada ya sea automática o manualmente, esto último se hace en el cuarto de control con la maneta de control S-6 del panel BB-9.

La lógica de iniciación automática se activa cuando se reciben señales de alta presión en el foso seco [0.12 kg/cm^2 (1.68psig)] y/o bajo nivel (nivel 1) del reactor [-313 cm (-123.5 pulg)].

Existen 4 sensores, dos para la presión del foso seco y otros dos para el nivel del reactor, arreglados en una lógica de uno de dos veces (Fig. 10.6-2 y 10.6-3) esto significa que, si fallara cualquiera de ellos no quedaría inhabilitado el funcionamiento del sistema, esta lógica inicia simultáneamente el sistema LPCI-A.

Cuando la señal de iniciación es recibida, el generador diesel división I recibe señal de arranque y así suministrará potencia a los buses críticos de la división I.

Existen medidores de presión a la descarga de la bomba, estas señales son enviadas como permisivos al sistema ADS para indicar que la bomba del LPCS está corriendo. Esta señal es requerida por el sistema ADS para asegurar que el agua está disponible al reactor antes que el ADS despresurize la vasija del reactor y remueva inventario de la vasija.

Una línea de derivación de mínimo flujo se encuentra a la descarga de la bomba para permitir una recirculación de flujo a través de la bomba del LPCS y regresarlo a la piscina de supresión para prevenir daños a la bomba por sobrecalentamiento.

La válvula de mínimo flujo (MV-8161) está para dirigir el agua a la piscina de supresión durante condiciones de bajo flujo de la bomba. Esta válvula es normalmente abierta y opera automáticamente, cerrando cuando el flujo a la salida de la bomba es mayor de 30 l/seg (475 gpm) o abriendo cuando el flujo sea menor de 30 l/seg (475 gpm).

Una línea de prueba en la tubería de descarga del LPCS provee una trayectoria de flujo para llevar a cabo la prueba funcional del sistema. La válvula de prueba (MV-8162) está normalmente cerrada y además recibe señal de cierre en caso de estar abierta cuando haya señal de iniciación del sistema, también puede ser operada desde el cuarto de control con la maneta S-5 en el panel BB-9.

El orificio de restricción RO-8163 en la tubería de descarga al reactor asegura que la bomba del LPCS no exceda los 18,925 l/min (5,000 gpm).

La válvula de inyección del sistema (MV-8166) abre automáticamente para proporcionar el flujo al reactor cuando la lógica de iniciación del LPCS es activada y además debe de existir una presión diferencial de al menos 53 Kg/cm^2 (750 psid) a través de la válvula, tal que la inyección ocurra inmediatamente cuando la presión de descarga de la bomba exceda la presión del reactor. Cuando la válvula abre automáticamente, ésta permanecerá abierta hasta que el operador cambie el control (S-2) de la válvula a posición cerrada desde el cuarto de control.

Dentro de la contención hay una válvula de retención probada con aire (AV-8167) que previene la pérdida de agua del reactor fuera de la contención. Esta válvula puede ser probada durante la operación normal de la planta.

Por último existe una válvula manual bloqueada abierta (V-2) la cual proporciona aislamiento del sistema LPCS de la vasija del reactor para mantenimiento y pruebas de la contención, esta válvula tiene indicación de posición en el cuarto de control, panel BB-9.

Cuando el agua es inyectada al reactor entra a un aspersor de rocío el cual es un anillo semi-circular localizado sobre el núcleo del reactor (Fig. 10.6-4).

El sistema LPCS puede ser iniciado manualmente por el operador desde el cuarto de control. Cuando se recibe la señal de iniciación la bomba del LPCS arranca y comienza a circular el agua a través de la línea de flujo mínimo hacia la piscina de supresión de presión, la válvula de prueba cierra si fue abierta previamente y la válvula de inyección abre cuando se cumple una presión diferencial en esta válvula de 53 kg/cm^2 (750 psig).

Para disparar el sistema el operador debe de restablecer la señal de iniciación, cerrar la válvula de inyección y parar la bomba del LPCS.

10.6.3 Relación con Otros Sistemas (Fig. 10.6-5)

Los siguientes sistemas son necesarios para la operación del sistema.

El sistema de despresurización automática (ADS) proporciona la despresurización de la vasija del reactor para permitir que el sistema LPCS pueda operar en accidentes de pérdida de refrigerante (LOCA's) intermedios o pequeños.

El sistema de potencia C.A. de 4160 volts división I suministra corriente alterna a la bomba del LPCS, en caso de no tener este sistema la potencia la proporcionará el generador diesel división I.

El sistema de potencia C.A. de 480 volts división I proporciona la fuerza motriz a las válvulas operadas por motor.

El sistema de 125 volts C.D. bus "A", proporciona potencia a los relevadores de la lógica de iniciación del sistema.

El sistema de ventilación del edificio del reactor proporciona enfriamiento en el área del cuarto de la bomba del LPCS y éste a su vez necesita del sistema NCCW y NSW.

La tabla 10.6-1 muestra el alineamiento de las válvulas motorizadas del sistema LPCS, en sus diferentes modos de operación.

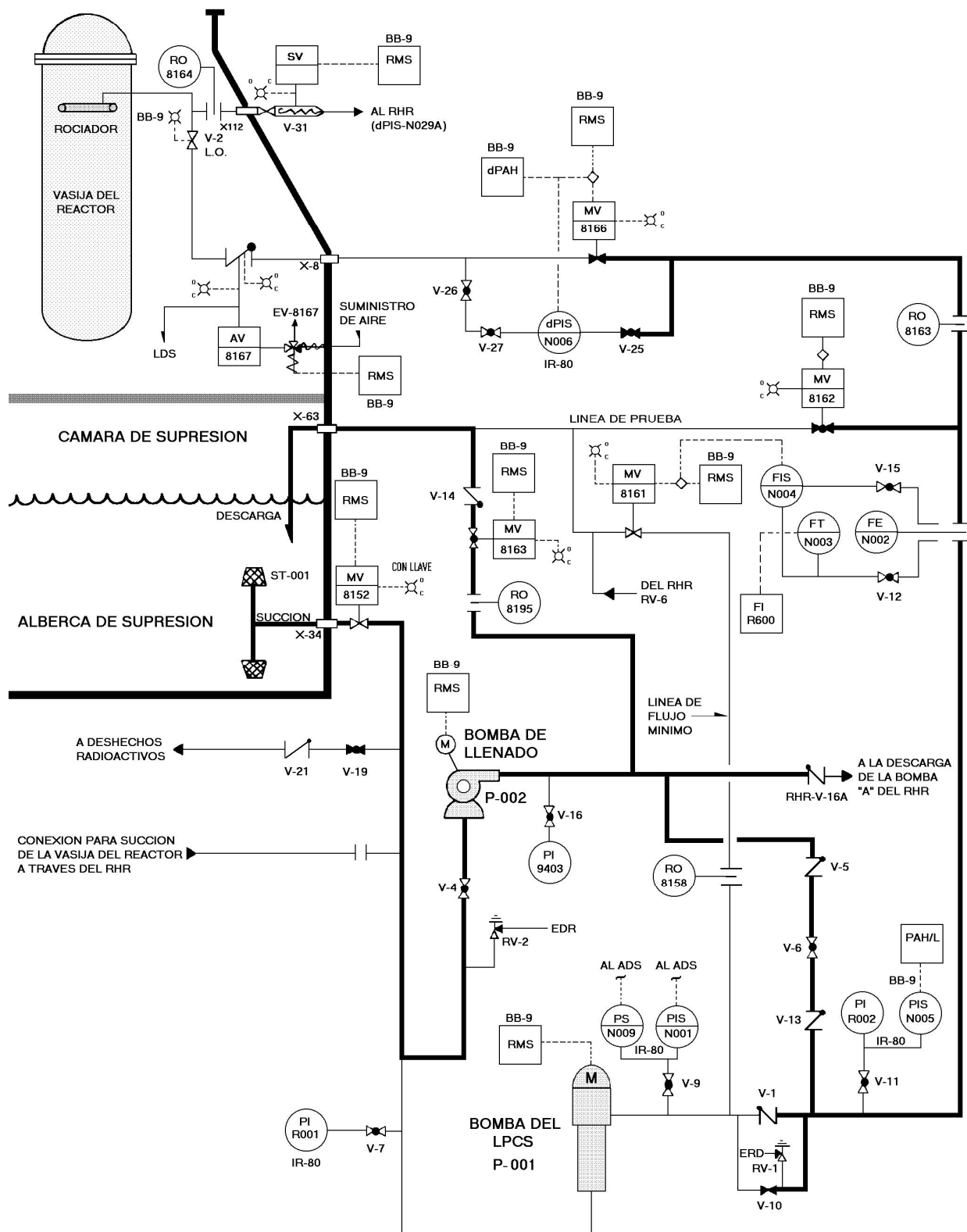


FIG. 10.6-1 DIAGRAMA DE LA TUBERIA DE LLENADO DEL LPCS

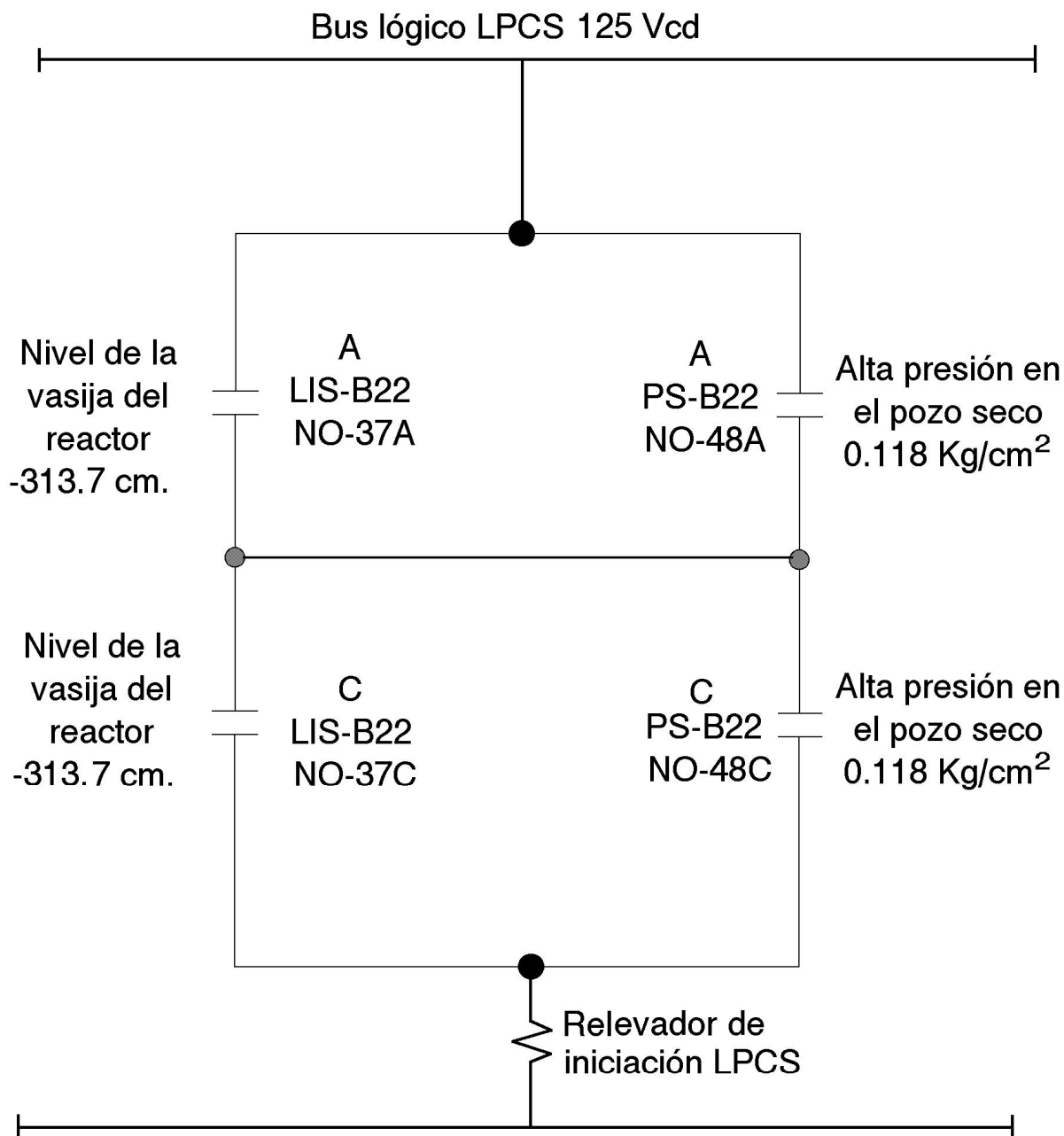


FIG. 10.6-2 SEÑALES DE INICIACION DEL LPCS

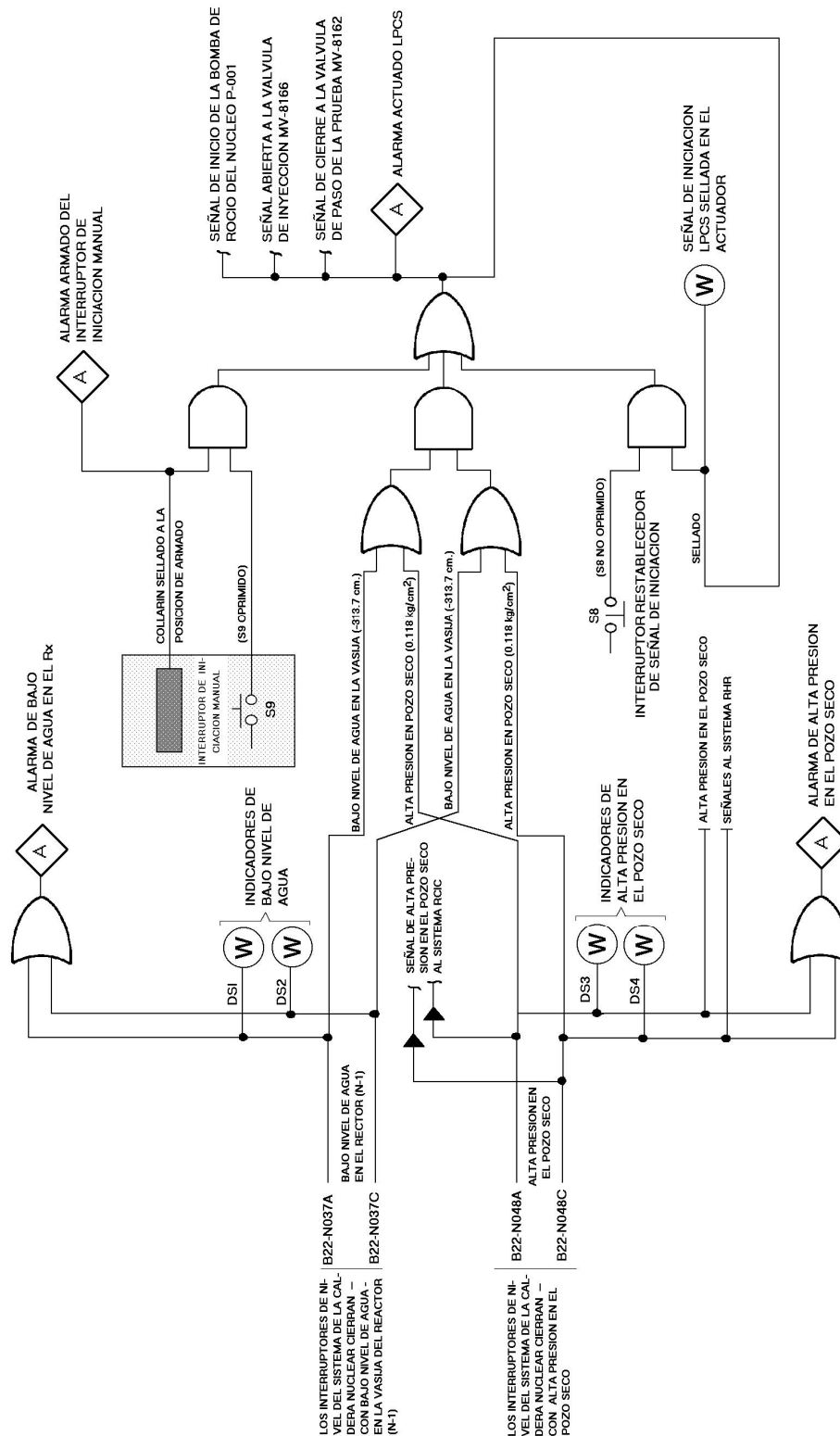


FIG. 10.6-3 LOGICA DE INICIACION DEL LPCS

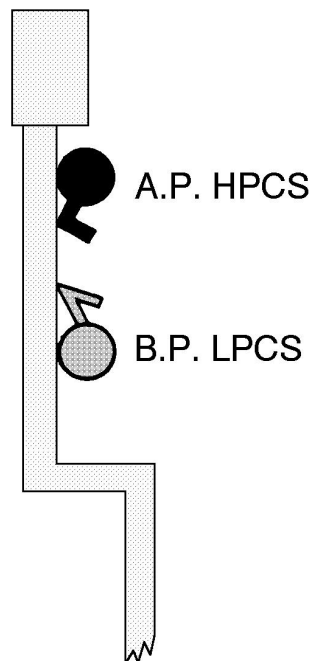
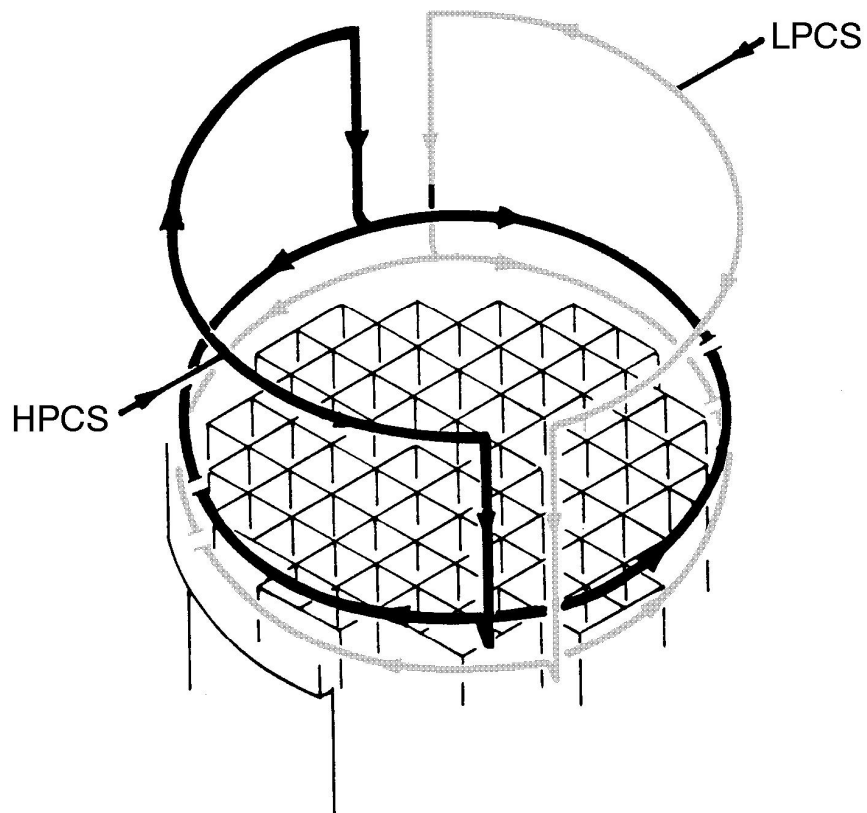


FIG. 10.6-4 DISPOSICION DE LOS ANILLOS DISTRIBUIDORES DE ROCIO DEL NUCLEO

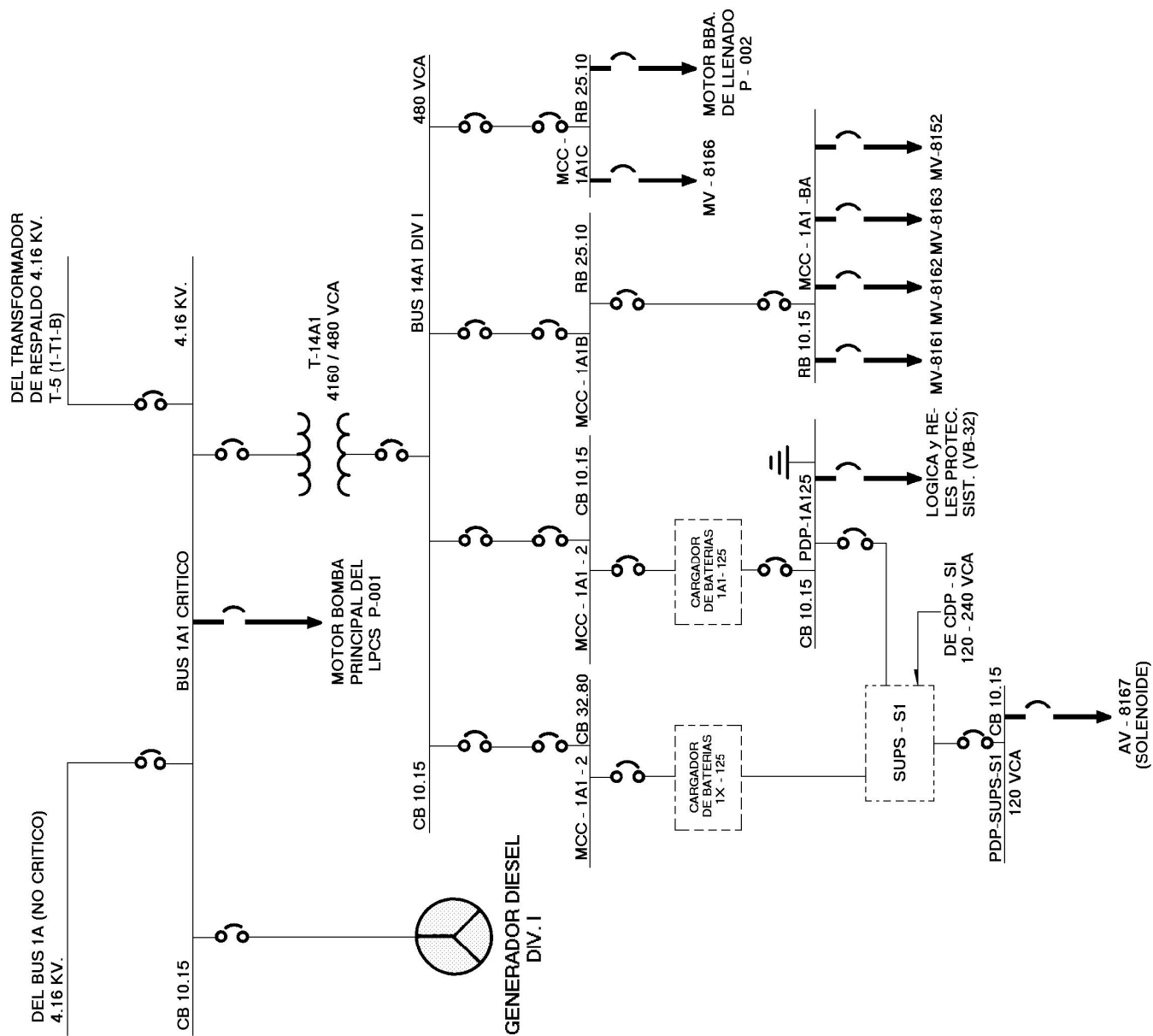


FIG. 10.6-5 DISPONIBILIDAD DE ENERGIA DEL SISTEMA LPCS

10.7 SISTEMA DE REMOCION DE CALOR RESIDUAL (RHR) (Excepto Modo de Inyección a Baja Presión)

10.7.1.- Propósitos del Sistema

De acuerdo a cada uno de los modos de operación de este sistema, los propósitos respectivos son:

- reducir la presión y la temperatura del contenedor primario, después de la ocurrencia de un accidente de pérdida de enfriador (LOCA), en el modo de ROCIO DE LA CONTENCIÓN.
- Eliminar el calor de la alberca de supresión, en el modo de ENFRIAMIENTO DE LA ALBERCA DE SUPRESIÓN.
- Extraer el calor de decaimiento del núcleo del reactor, después del apagado del reactor, y reducir la presión en el domo de la vasija del reactor durante enfriamiento normal, en el modo de ENFRIAMIENTO EN PARADA Y ROCIO DE LA CABEZA.
- Proporcionar un medio para controlar la presión del reactor, cuando el condensador principal no está disponible, en el modo de CONDENSACIÓN DE VAPOR.
- Proporcionar un medio para inundar el contenedor primario, en el modo de SUMINISTRO DE REFRIGERANTE DE RESPALDO.
- Auxiliar al sistema de limpieza y enfriamiento de la alberca de combustible (FPCC), en la extracción de todo el calor generado por los ensambles de combustible gastado, en el modo de ENFRIAMIENTO DE LA ALBERCA DE COMBUSTIBLE.
- Permitir la verificación del caudal y la presión dados por las bombas de cada lazo, en el modo de PRUEBA.
- Proporcionar agua de enfriamiento a baja presión a la vasija del reactor, en condiciones de accidente de pérdida de enfriador (LOCA), en el modo de INYECCIÓN DE ENFRIADOR A BAJA PRESIÓN (LPCI). Este modo será estudiado en el capítulo correspondiente a Sistemas de Enfriamiento de Emergencia del Núcleo (ECCS).

10.7.2.- Descripción del Sistema

El sistema RHR es un sistema RELACIONADO CON LA SEGURIDAD.

Este sistema está constituido por tres lazos principales de tubería, denominados A, B y C; los lazos A y B tienen cada uno un intercambiador de calor y una bomba. Solamente el lazo B puede ser usado en el modo de ROCIO DE LA CABEZA.

El lazo C no está equipado con intercambiador de calor, y es exclusivo para el modo de INYECCIÓN A BAJA PRESIÓN, único modo del RHR que posee iniciación automática.

El sistema RHR requiere de iniciación normal en todos sus restantes modos de operación.

10.7.3.- Descripción de Componentes (Fig. 10.7-1)

10.7.3.1 Trayectoria de succión

La trayectoria de succión para las bombas de este sistema depende del modo de operación, excepto en el modo de ENFRIAMIENTO EN PARADA Y ROCIO DE LA CABEZA, la succión se realiza desde la alberca de supresión; la trayectoria de succión para el modo de enfriamiento en parada y rocío de la cabeza parte de la línea de succión del lazo A de recirculación. Para evitar la posibilidad de drenado de la vasija del reactor hacia la alberca de supresión, las motoválvulas de succión están interbloqueadas para prevenir que ambas válvulas sean abiertas al mismo tiempo. Cada línea de succión proveniente de la alberca de supresión está equipada con un filtro de aspiración tipo malla metálica, con un tamaño máximo de partícula de 2.5 mm, y con dimensiones tales que permiten el paso del caudal nominal a la bomba, aún cuando el filtro esté obstruido en un 50%. Estos filtros detienen partículas que pudieran bloquear pasajes críticos como los sellos de las bombas, las boquillas de los rociadores de la contención o la boquilla rociadora de la cabeza de la vasija.

10.7.3.2 Bombas principales

Las bombas principales del RHR son del tipo centrífuga vertical multietapa, impulsadas eléctricamente; existe una bomba por cada lazo; con una capacidad del 100% están diseñadas para lograr una aspiración de 15.5 kg/cm^2 (220 psig), una descarga de 35 kg/cm^2 (500 psig), y entregar un caudal nominal de 17,411 l/min (4600 gpm), a 110 m de cabeza total, y un caudal máximo de 18,900 l/min (5000 gpm); su rango de operación es de los 4°C a los 182°C a una velocidad de 1800 rpm; el motor eléctrico desarrolla 600 hp, y la alimentación eléctrica es como sigue:

bomba A: bus 1A1 - 4.16 KV
bombas B y C: bus 1B1 - 4.16 KV

10.7.3.3 Intercambiadores de calor

Cada lazo está equipado con un intercambiador de calor, con una capacidad del 100%, del tipo de tubos en U y carcaza, con agua del sistema NSW en el lado tubos, a una presión de 35 kg/cm^2 , una temperatura de diseño de 4°C a 250°C , y un caudal de 16,800 l/min (4,450 gpm); por el lado de la carcaza fluye agua o vapor del reactor hasta un máximo (por diseño), de 19,000 l/min; las presiones y temperaturas de diseño son iguales a las del lado tubos. La capacidad de transferencia de calor es de $86.5 \times 10^6 \text{ BTU/h}$ en el modo de CONDENSACION DE VAPOR, y de $6.5 \times 10^6 \text{ BTU/hr}$ en el modo de ENFRIAMIENTO EN PARADA.

10.7.3.5 Motoválvulas

Todas las motoválvulas del sistema RHR son controladas desde un panel exclusivo ubicado en el cuarto de control. Cada válvula es operada por un motor eléctrico de 480 VAC, alimentado por el mismo bus de reserva que suministra potencia a la bomba principal correspondiente a ese lazo.

10.7.3.6 Rociadores de la contención

Consisten de varios anillos de tubería colocados en la parte superior de la contención; en cada anillo se instalan varias boquillas rociadoras. Estos anillos se dividen en dos grupos, uno alimentado por la bomba A, y el otro por la bomba B. Las boquillas de cada grupo están colocadas de manera que proporcionen una cobertura mínima del 90% del área del piso de la contención.

10.7.3.7 Bombas de llenado

La tubería de descarga del sistema RHR se mantiene presurizada con agua mediante bombas de llenado. Existe una bomba de llenado para los lazos B y C, y otra bomba para el lazo A y la línea de descarga de los sistemas LPCI y LPCS. Al mantener presurizadas con agua las tuberías de descarga, se evita la ocurrencia de golpes de ariete que puedan dañar componentes y tuberías y provocar la inoperabilidad del sistema RHR, y se reduce el tiempo de inyección del sistema LPCI.

10.7.4.- Modos de Operación y Características del Sistema

10.7.4.1 Operación normal de la planta (Fig. 10.7-2)

Cuando la planta se encuentra en operación normal, el sistema RHR está en reserva y listo para la operación automática del sistema LPCI.

Ambos lados de los intercambiadores de calor (tubos y carcaza), se lavan y se dejan llenos de agua pura, para minimizar la posible corrosión o suciedad en las superficies de transferencia de calor. Las válvulas de entrada, de salida, y de derivación (by-pass) de ambos intercambiadores están completamente abiertas, así como también la válvula de cada línea de succión de la alberca de supresión a cada bomba principal. Todas las válvulas correspondientes a las restantes trayectorias de flujo están cerradas.

10.7.4.2 Operación NO Frecuente del RHR.

De una manera no frecuente el sistema RHR es utilizado en el modo de ENFRIAMIENTO EN PARADA, o en el modo de PRUEBA. (Figura 10.7-3).

10.7.4.2.1 El modo de ENFRIAMIENTO EN PARADA Y ROCIO DE LA CABEZA

Es iniciado manualmente por el operador. Este modo es utilizado para completar el proceso de enfriamiento del sistema nuclear de suministro de vapor, una vez que la presión del reactor es menor que 9.5 kg/cm^2 . Se succiona agua del lazo A del sistema de recirculación, se hace pasar a través de los intercambiadores de calor, en donde es enfriada con agua del sistema NSW, y se retorna a la vasija a través de las líneas del sistema de recirculación. Puede utilizarse tanto el lazo A, como el lazo B de este sistema, pero se prefiere el lazo B por la conexión que tiene este lazo con la línea de rocío de la cabeza del reactor.

Antes de operar en este modo, las líneas utilizadas deberán lavarse y calentarse, con el fin de no contaminar el agua del reactor, y de reducir los esfuerzos térmicos a que se verán sometidos

los componentes y tubería que forman la trayectoria de flujo.

La rapidez de enfriamiento se controla estrangulando la válvula de derivación de cada intercambiador de calor. Con el objeto de facilitar la condensación del vapor de la cabeza del reactor, parte del agua enfriada puede ser dirigida (solamente utilizando el lazo B) hacia la boquilla del sistema RCIC situada en la tapa de la vasija.

10.7.4.2.2 Durante la operación de la planta, es posible verificar la operabilidad de cualquier lazo del sistema RHR, recirculando agua a la alberca de supresión a través de la válvula de prueba. Las pruebas periódicas de vigilancia requieren que se verifique la operación de cada bomba, respecto al caudal nominal y carga de apagado.

La prueba de iniciación automática del modo LPCI se debe realizar con la vasija del reactor abierta, durante operaciones de carga de combustible.

Para probar el modo de ROCIO DE LA CONTENCIÓN, (Figura 10.7-4) se requiere modificar la instalación de tal manera que el caudal generado durante la prueba sea dirigido directamente hacia la alberca de supresión en vez de hacia los rociadores. El uso innecesario del rocío de la contención provocaría graves daños a los componentes eléctricos y a los aislamientos térmicos instalados dentro de la contención. Las boquillas rociadoras se prueban haciendo pasar aire comprimido a través de ellas.

10.7.4.3 Operación del RHR en condiciones anormales de la planta.

Los modos de CONDENSACION DE VAPOR, y de ENFRIAMIENTO DE LA ALBERCA DE SUPRESION constituyen la operación de este sistema, cuando la planta se encuentra en condiciones anormales.

10.7.4.3.1 Modo de CONDENSACION DE VAPOR (Fig. 10.7-5)

Es utilizado cuando se presenta un aislamiento del reactor respecto al condensador principal, en apoyo del sistema RCIC, para extraer el calor de decaimiento y minimizar los requerimientos de agua de reposición. Los intercambiadores de calor del sistema RHR actúan como sumideros de calor del vapor de la vasija, el cual es extraído de la vasija a través de las válvulas de seguridad/alivio. A medida que el calor de decaimiento es removido en forma de vapor, el nivel del agua en la vasija del reactor disminuye. Es entonces cuando el sistema RCIC es arrancado para suministrar agua de repuesto tomándola desde el Tanque de Almacenamiento de Condensado, y dirigiéndola hacia la vasija para mantener un nivel adecuado. Poco después de que el sistema RCIC inició su operación, el sistema RHR es alineado para realizar la condensación de vapor. Dependiendo del calor de decaimiento que se espere extraer, se pueden utilizar uno o los dos intercambiadores de calor.

La trayectoria del flujo es la siguiente: el vapor proveniente de la línea C de vapor principal pasa por la línea de vapor hacia los intercambiadores del RHR; en donde es condensado, y por efecto de la presión existente en el mismo intercambiador, es forzado hacia la succión de la turbo- bomba del RCIC, para ser bombeado hacia la vasija mediante una línea de alimentación de agua, o dirigido hacia la alberca de supresión cuando el condensado posee una conductividad mayor a 10 mhos, o una temperatura mayor a 60 °C.

Para la operación del sistema RHR en este modo, el alineamiento debe realizarse manualmente desde el cuarto de control.

10.7.4.3.2 Modo de ENFRIAMIENTO DE LA ALBERCA DE SUPRESION (Fig. 10.7-6)

Este modo es utilizado cuando se requiere cuando la temperatura de la alberca de supresión se eleva por encima del valor máximo admisible de 35 °C.

Para iniciar la operación de este modo, se establece un caudal de enfriamiento, con agua proporcionada por el sistema NSW, a través del lado tubos de los intercambiadores del sistema RHR, abriendo las válvulas de entrada y salida, cerrando las válvulas de derivación (bypass), y arrancando las bombas principales. El flujo hacia la alberca de supresión es iniciado al abrir la válvula de prueba de retorno.

Este modo de operación del sistema RHR es requerido comúnmente en situaciones como prueba de las válvulas de alivio, operación de la turbina del sistema RCIC, o cuando se presenten condiciones ambientales extremadamente calurosas.

10.7.4.4 Operación del sistema RHR en condiciones de emergencia

La operación de este sistema en condiciones de emergencia está constituida por los modos de INYECCION A BAJA PRESION (LPCI) de ROCIO DE LA CONTENCIÓN, y de SUMINISTRO DE REFRIGERANTE DE RESPALDO.

El modo de INYECCION DE REFRIGERANTE A BAJA PRESION se describe en la sección correspondiente a Sistemas de Enfriamiento de Emergencia del núcleo.

10.7.4.4.1 Roció de la contención (Fig. 10.7-7)

Este modo de operación es requerido en algunas ocasiones para prevenir sobrepresiones en la contención. Pueden utilizarse cualquiera de los lazos A o B, en forma manual, y a criterio del operador, con la condición de que exista alta presión en el pozo seco.

La iniciación de este modo de operación con uno de los lazos A o B supone retirar el lazo en cuestión del modo LPCI, estableciendo entonces una trayectoria de flujo en la que se succiona agua de la alberca de supresión, se bombea con la bomba principal a través del intercambiador de calor en donde es enfriada, para finalmente descargarla en la parte superior del pozo seco a través del cabezal de rociado correspondiente al lazo o en la parte superior del pozo húmedo, mediante el cabezal común de aspersión.

10.7.4.4.2 Suministro de refrigerante de respaldo

En el extremo caso en el que después de la ocurrencia de un accidente de pérdida de enfriador (LOCA), fuera necesario inundar por completo la contención primaria, por encima de la parte superior del núcleo, el sistema RHR puede utilizarse para este propósito, tomando agua del sistema NSW.

La trayectoria de flujo de este modo de operación succiona agua directamente desde el NSW, y la conduce mediante conexiones ubicadas después de los intercambiadores de calor, hacia la

alberca de supresión.

10.7.5. Relaciones con Otros Sistemas

10.7.5.1 Vasija del reactor (ver sección LPCI-ECCS)

La tubería de inyección dispone de una penetración propia, y el rocío de la cabeza utiliza una tobera colocada en la tapa de la vasija.

10.7.5.2 Sistema nuclear de suministro de vapor

El Sistema RHR toma vapor de la línea C del sistema de vapor principal, para accionar la turbina de la bomba RCIC.

10.7.5.3 Sistema de recirculación

Cuando el modo de enfriamiento en parada se encuentra en operación, la succión y la descarga se llevan a cabo a través del sistema de recirculación, a través del lazo A específicamente.

10.7.5.4 Sistema de la contención primaria

Cada uno de los tres lazos del sistema RHR succiona agua de la alberca de supresión. Asimismo, las líneas de prueba de los tres lazos descargan en dicha alberca. En los modos de ROCIO DE LA CONTENCIÓN, y de ENFRIAMIENTO DE LA ALBERCA DE SUPRESIÓN, los lazos A y B del sistema RHR, proporcionan rocío tanto al pozo seco, como al pozo húmedo. Adicionalmente, el modo de SUMINISTRO DE REFRIGERANTE DE RESPALDO proporciona un volumen de refrigerante suficiente para inundar la contención primaria por encima del nivel superior del núcleo, después de la ocurrencia de un LOCA.

10.7.5.5 Sistema RCIC

En el modo de CONDENSACIÓN DE VAPOR, el vapor de la línea combinada de la turbina RCIC/intercambiador RHR es condensado en los intercambiadores del RHR, y dirigido hacia la succión de la bomba del RCIC, para ser bombeado hacia la vasija del reactor. Asimismo el lazo B penetra la vasija mediante la línea de inyección del RCIC, para proporcionar el rocío de la cabeza.

10.7.5.6 Buses Críticos de 4.16 kv, Divisiones I y II.

La División I, 4.16kv, alimenta la bomba principal del lazo A.

La División II proporciona potencia eléctrica a las bombas principales de los lazos B y C.

10.7.5.7 Centros de control de motores críticos de 480 volts, Divisiones I y II.

Las motoválvulas y las bombas de llenado son alimentadas eléctricamente desde estos centros de control de motores.

10.7.5.8 Corriente directa de 125 volts.

Los relevadores de la lógica de control reciben energía de los buses 1A125 y 1B125 de corriente directa.

10.7.5.9 Sistema de limpieza y enfriamiento de la alberca de combustible (FPCC)

El sistema RHR puede auxiliar a este sistema para proporcionar enfriamiento al combustible.

10.7.5.10 Sistema NSW

Los intercambiadores de calor reciben enfriamiento de las divisiones I y II del NSW.

10.7.5.11 Sistema LPCS

El lazo A comparte la bomba de llenado con el LPCS.

10.7.5.12 Sistema de desechos radiactivos

Los drenajes del sistema RHR son dirigidos al sistema de desechos radiactivos.

10.7.5.13 Sistema de detección de fugas (LDS)

El sistema RHR es monitoreado por el sistema de detección de fugas (LDS)

10.7.5.14 Aire de instrumentos de la contención

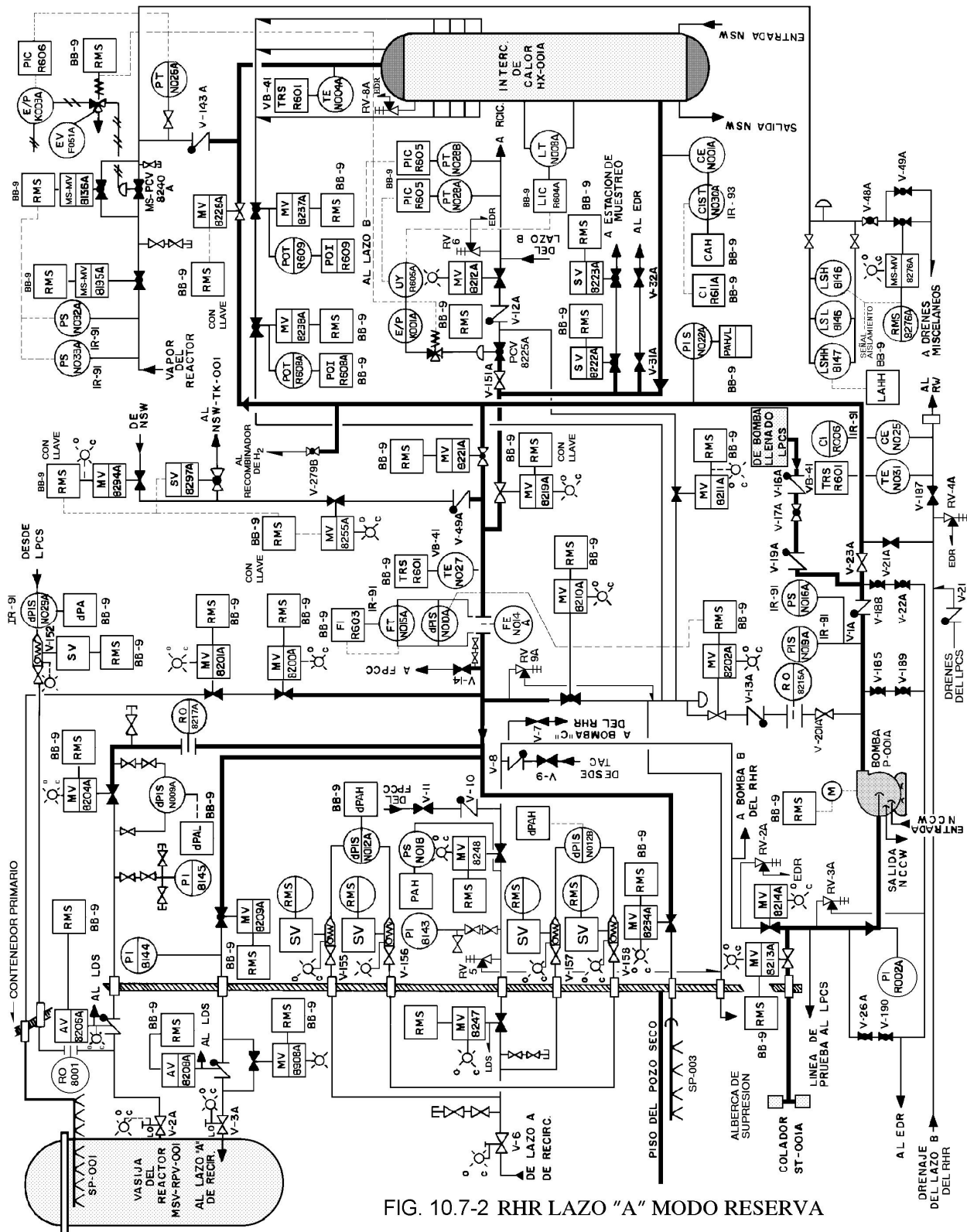
Las válvulas neumáticas del RHR son accionadas por este sistema.

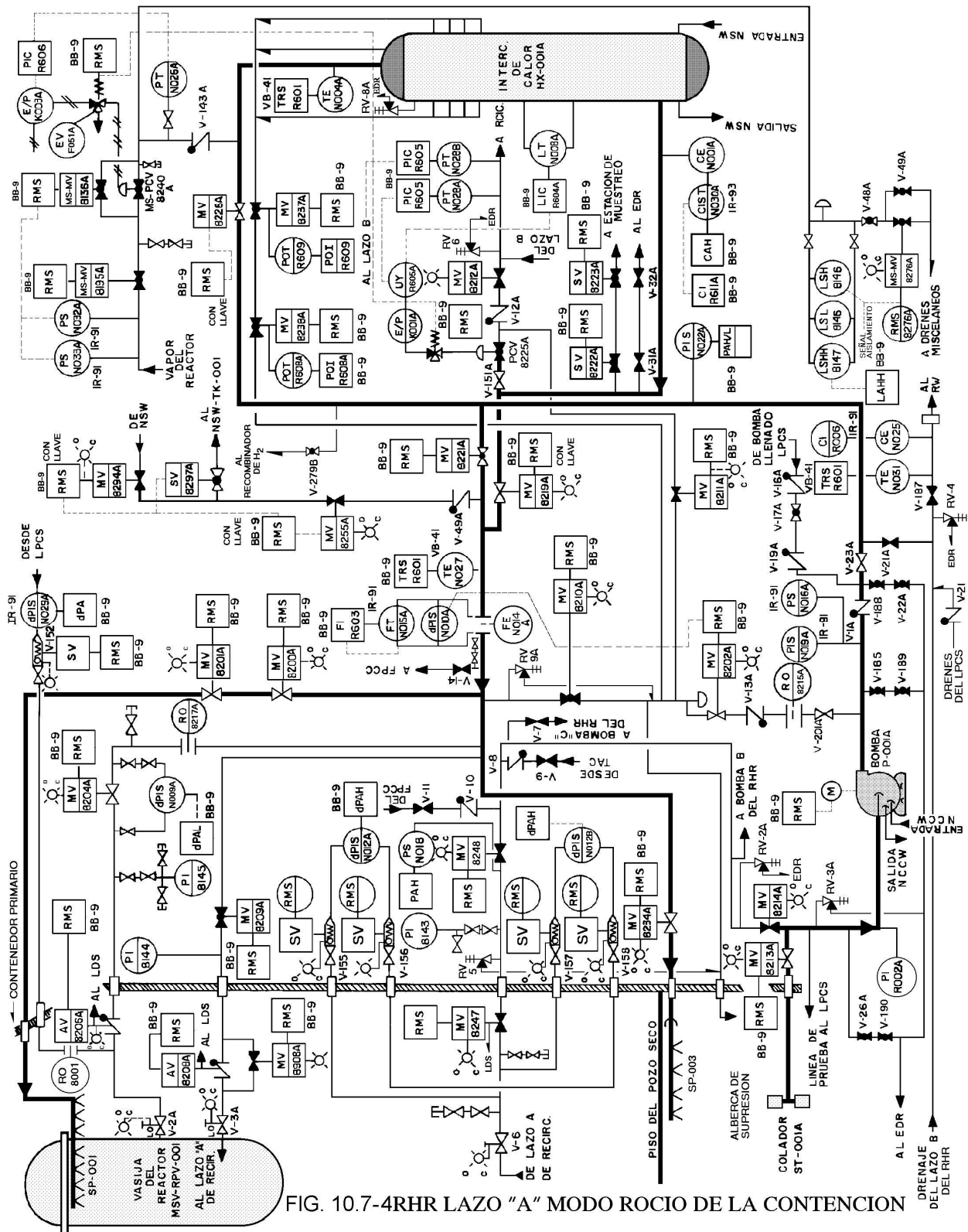
10.7.5.15 Sistemas de enfriamiento de emergencia del núcleo (ECCS)

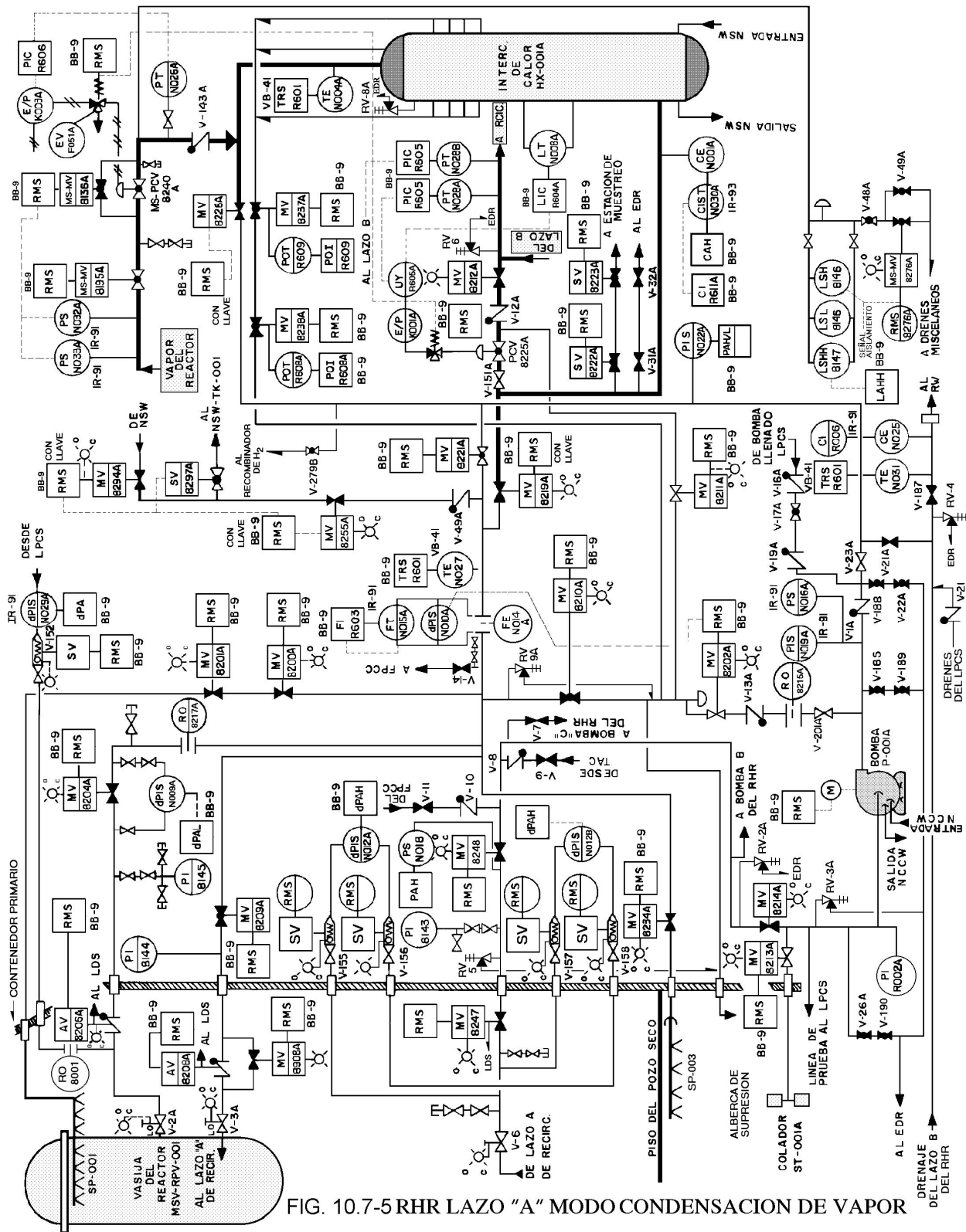
A través del modo LPCI.

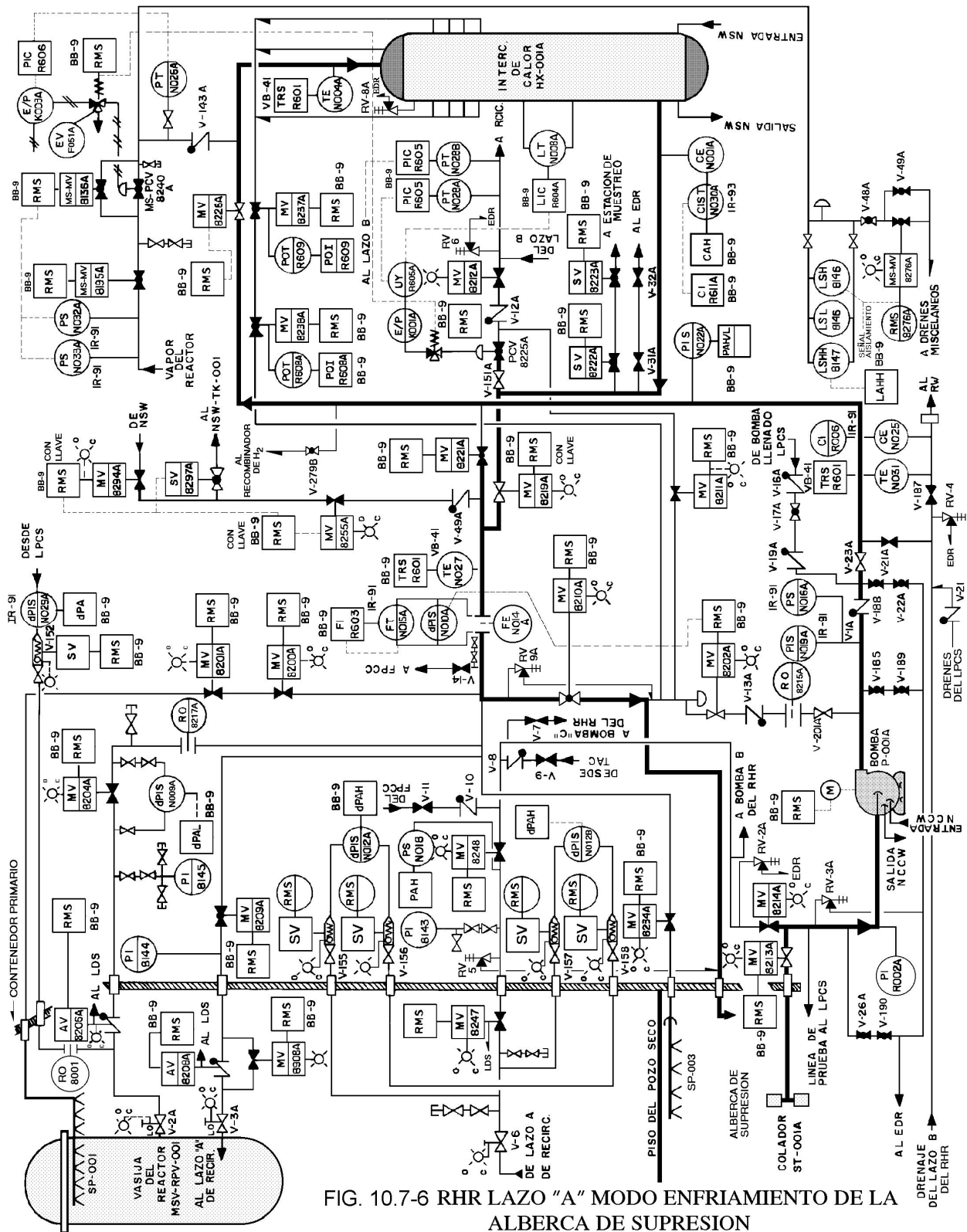
10.7.5.16 Sistema NCCW

El sistema NCCW proporciona enfriamiento a los cojinetes de las bombas principales del sistema RHR. También suministra agua para los sellos de dichas bombas.









10.8 SISTEMA DE INYECCION DE ENFRIADOR A BAJA PRESION (LPCI) (MODO LPCI DEL SISTEMA RHR)

10.8.1 Propósito del Sistema

El propósito del modo inyección de enfriador a baja presión (LPCI) del sistema RHR es el de proporcionar automáticamente enfriamiento y reposición de inventario de agua al núcleo después de un accidente de pérdida de enfriador (LOCA). Este propósito se cumple por medio del bombeo de agua de la piscina de supresión de presión a través de las bombas del RHR A, B y C, e inyectando grandes volúmenes de agua a los ensambles de combustible en la vasija del reactor para proveer enfriamiento e inundación al núcleo cuando la vasija del reactor se encuentra a baja presión.

La función primaria del modo LPCI en conjunción con el sistema de despresurización automática (ADS) es la de respaldar al sistema de aspersión del núcleo a alta presión (HPCS) durante rupturas pequeñas (LOCA PEQUEÑO), también el RHR restablece y mantiene suficiente nivel de agua en el reactor, para enfriamiento durante rupturas en las cuales se calcula que se descubrirá el núcleo.

La función secundaria del RHR es proporcionar enfriamiento al núcleo y mantenerlo cubierto si los siguientes sistemas fallan: HPCS, LPCS, RCIC y el sistema de agua de alimentación.

10.8.2 Descripción General (Fig. 10.8-1, 10.8-2 y 10.8-3)

El LPCI es parte del sistema RHR y consiste de 3 lazos redundantes, los lazos A y B, que además de operar en modo LPCI operan en otros modos (estos se describen en la sección 10.7) y el lazo C, el cual opera únicamente en el modo LPCI.

En el modo LPCI el agua fluye desde la piscina de supresión vía cedazo de succión (ST-001A/B/C), a través de la válvula de succión de la bomba (MV-8213A/B/C) y a la bomba del RHR (P-001A/B/C). El agua fluye a través de la válvula de retención a la descarga de la bomba (V-1A/B/C), en el lazo C pasa directamente a través del orificio restrictor (RO-8217C) colocado en la línea de inyección y hacia la válvula de inyección (MV-8204C) y en los lazos A y B el agua fluye a través y por la derivación del intercambiador de calor (HX-001A/B) vía válvula de entrada al intercambiador de calor (MV-8226A/B) y válvula de salida del intercambiador de calor (MV-8219A/B), y por la derivación del intercambiador de calor a través de la válvula de derivación del intercambiador de calor (MV-8221A/B), estos flujos pasan posteriormente a través del orificio de restricción (RO-8217A/B) colocados en la línea de inyección y hacia la válvula de inyección (MV-8204A/B). El flujo continúa a través de la válvula de retención probada con aire (AV-8206A/B/C) y la válvula manual (V-2A/B/C) a la vasija del reactor.

Durante la operación del LPCI no se requiere la intervención del operador sino hasta después de los 10 minutos posteriores al accidente, ya que posiblemente se requiera el enfriamiento del agua, haciéndola pasar por el intercambiador de calor.

Cuando el RHR está en modo LPCI el agua fluye desde la piscina de supresión de presión a través del cedazo de succión (ST-001A/B/C), aún cuando el cedazo estuviera tapado en un 50% el NPSH de la bomba sería satisfecho.

La válvula de succión de la bomba (MV-8213A/B/C) está normalmente abierta, de una capacidad del 100%, operada por un motor que es controlado desde el cuarto de control con un interruptor bloqueado con llave (S-4A/B/C) en el panel BB-9.

Cuando el sistema está en operación el flujo es provisto por la bomba del RHR (P-001A/B/C). La bomba es centrífuga, montada verticalmente, de 100% de capacidad, de flujo nominal de hasta 17,411 l/min (4600 gpm) y 18,900 l/min (5000 gpm) en condiciones de sobrecarga. La bomba A es alimentada del bus de la división I de 4160 volts CA críticos, las bombas B y C son alimentadas del bus de la división II de 4160 volts CA críticos. La bomba es enfriada por una pequeña recirculación de agua de la descarga de cada bomba. Esta recirculación es enfriada con el sistema NCCW. La bomba está diseñada para bombear agua a temperaturas de hasta 182°C (360°F). La bomba puede ser arrancada manualmente con su interruptor (S-3A/B/C) en el cuarto de control (panel BB- 9).

El arranque automático de la bomba A del RHR es compartido con el sistema LPCS y es descrito en la sección 10.6. El LPCI-A es iniciado desde los circuitos lógicos del LPCS. La lógica de iniciación automática del LPCI-B y LPCI-C se activan cuando la lógica recibe señales de iniciación ya sea de alta presión en el foso seco [0.12 Kg/cm (1.68 psig)] y/o bajo nivel (nivel 1) de agua en el reactor [-313 cm (-123.5 pulg)].

Existen cuatro sensores, dos para la presión del foso seco y otros dos para el nivel del reactor arreglados en una lógica de uno de dos, dos veces, esto significa que, si fallara cualquiera de ellos no quedaría inhabilitado el funcionamiento del sistema.

Las mismas señales que automáticamente inician los sistemas LPCI-B y LPCI-C también arrancan al generador diesel división II y así suministrará potencia a los buses críticos de la división II.

Una línea de derivación, llamada de mínimo flujo se encuentra a la descarga de cada bomba para permitir una recirculación de flujo a través de la bomba (P-001A/B/C) y regresarlo a la piscina de supresión de presión para prevenir daños a la bomba por sobrecalentamiento durante condiciones de bajo flujo del sistema.

El orificio de restricción (RO-8215A/B/C) en la línea de mínimo flujo regula el flujo en la derivación, controlando también el incremento de la temperatura generado en la bomba.

La válvula de mínimo flujo (MV-8202A/B/C) está para dirigir el agua a la piscina de supresión durante condiciones de bajo flujo de la bomba. Esta válvula es normalmente abierta y opera automáticamente, cerrando cuando el flujo a la salida de la bomba es mayor de 39 l/seg (618 gpm) o abriendo cuando el flujo sea menor de 39 l/seg (618 gpm), también puede ser operada manualmente con la maneta de control S-16A/B/C en el cuarto de control panel BB-9.

Existen medidores de presión a la descarga de cada bomba, estas señales son enviadas como permisivos al sistema ADS para indicar que las bombas del RHR están operando. Esta señal es requerida por el sistema ADS para asegurar que el agua está disponible para el reactor antes que el ADS despresurize el reactor y remueva inventario de la vasija.

A la descarga de cada bomba está una válvula de retención (V-1A/B/C) para prevenir que el flujo se regrese a la piscina de supresión, dado que la línea normalmente está llena y

presurizada con agua.

Aguas abajo de la válvula de retención se encuentra una válvula manual (V-23A/B/C) para el aislamiento de la bomba durante mantenimiento.

La válvula de derivación del intercambiador de calor (MV-8221A/B) se encuentra en la línea de descarga de los lazos A y B para asegurar el 100% del flujo independientemente del intercambiador de calor durante la operación del LPCI. Esta válvula se encuentra normalmente abierta. La válvula MV-8221A/B puede ser operada manualmente desde el cuarto de control en el panel BB-9 con el contacto S-39A/B, esta válvula abre automáticamente si se encuentra cerrada con una señal de iniciación automática de LPCI.

La válvula de entrada al intercambiador de calor (MV-8226A/B) está provista para aislar el intercambiador de calor de la tubería de descarga de la bomba. Esta válvula es normalmente abierta y puede ser operada manualmente con el contacto (S-34A/B), bloqueado con llave, en el cuarto de control.

Los intercambiadores de calor (HX-001A/B) localizados en los lazos A y B no son utilizados como intercambiadores para el modo LPCI, sino que únicamente se consideran como una continuación de la tubería.

La válvula de retención (V-143A/B) en la entrada del intercambiador de calor está para prevenir la entrada de agua del RHR a la tubería de vapor usada en el modo de condensación de vapor. A la salida del intercambiador existe la conexión para el modo de condensación de vapor que va hacia el RCIC.

Posterior a la conexión anterior está la válvula de salida del intercambiador de calor (MV-8219A/B), es una válvula normalmente abierta y puede ser operada por un contacto (S-35A/B), bloqueado con llave, en el cuarto de control panel BB-9.

Aguas abajo de la válvula de salida del intercambiador de calor (MV- 8219A/B) existen conexiones para el sistema NSW como suministro de agua de emergencia. Después de esta conexión están las diferentes trayectorias para los diferentes modos de operación del RHR.

El modo que nos ocuparemos ahora es el LPCI y modo de prueba del RHR.

La válvula de prueba (MV-8210A/B) para los lazos A y B y la (MV-8244) para el lazo C proporciona una trayectoria para la prueba funcional del sistema. Esta válvula es normalmente cerrada. Durante la prueba la válvula se regula para verificar los puntos de operación en la curva de la bomba del RHR. La válvula MV-8210A/B es operada con el contacto S-12A/B y la válvula MV-8244 es operada con el contacto S-11 en el panel BB-9 del cuarto de control. La válvula MV-8244 puede ser abierta por el operador bajo cualquier condición normal. Sin embargo, si la señal de iniciación del LPCI es recibida, la válvula no podrá ser abierta y si lo estuviera la válvula cerrará automáticamente. La válvula MV-8210A/B puede ser abierta por el operador durante una iniciación del LPCI si la respectiva válvula de inyección del LPCI estuviera cerrada o no hubiera señal de iniciación del LPCI presente.

La línea de inyección del modo LPCI consiste de un orificio de restricción (RO-8217A/B/C), la válvula de inyección (MV-8204A/B/C) y la válvula de retención probada con aire

(AV-8204A/B/C).

El orificio de restricción (RO-8217A/B/C) en la línea de inyección asegura que el flujo de la bomba no exceda los 18,925 l/min (5000 gpm).

La válvula de inyección (MV-8204A/B/C) abre automáticamente para proporcionar el flujo al reactor cuando el LPCI es iniciado, además las válvulas de inyección en los lazos A y B proporcionan el aislamiento para el flujo del LPCI de otros modos de operación del RHR. La válvula de inyección está normalmente cerrada y es capaz de abrir cuando la máxima presión diferencial esperada para el modo LPCI iguala a la presión del reactor menos la presión de la bomba del RHR. El flujo a través de cada válvula al 100% es de 17,400 l/min (4600 gpm) a 18,900 l/min (5000 gpm) durante flujo total, en modo de inyección de LPCI. La operación de estas válvulas de inyección se puede hacer desde el cuarto de control, panel BB-9 con los contactos de control S-10A/B/C. Para que puedan abrir las válvulas la presión diferencial a través de éstas debe ser menor de 49 Kg/cm² (697 psig). Cuando la válvula es abierta automáticamente, ésta permanecerá abierta hasta que el operador la cierre manualmente desde el cuarto de control.

Dentro de la contención está una válvula de retención probada con aire (AV-8206A/B/C) para prevenir una pérdida de agua del reactor fuera de la contención. Puede verificarse la operabilidad de esta válvula durante la operación normal de la planta ya que si ésta válvula se encontrara bloqueada-cerrada la inyección de agua no sería posible.

Aguas abajo de la válvula de retención está una válvula manual bloqueada abierta (V-2A/B/C) la cual proporciona el aislamiento de la línea de inyección de la vasija del reactor para mantenimiento y pruebas de fuga de la contención.

La lógica de iniciación es una lógica que permanece sellada hasta que el operador la restablezca para preparar los sistemas LPCS/LPCI-A y LPCI-B/LPCI-C para subsecuentes operaciones automáticas. Una vez restablecida la iniciación, el operador debe cerrar la válvula de inyección y parar la bomba del RHR para apagar el sistema LPCI.

Los sistemas LPCI-A y LPCS pueden ser iniciados manualmente desde el cuarto de control. El botón E21-S9 iniciará a los sistemas de la misma manera que la iniciación automática. Los sistemas LPCI-B y LPCI-C también pueden ser iniciados manualmente desde el cuarto de control con un botón (S-61) que los iniciarán de la misma forma que la iniciación automática.

10.8.3 Relación con Otros Sistemas

Los siguientes sistemas son necesarios para la operación del LPCI:

El sistema de despresurización automática (ADS) proporciona la despresurización del reactor para permitir al sistema RHR la inyección de agua de enfriamiento al núcleo durante accidentes de pérdida de enfriador (LOCA's) intermedios o pequeños. La limitación es que la pérdida del sistema ADS podría impedir la inyección del flujo del LPCI dentro de la vasija.

El sistema de potencia de 4160 volts C.A. suministra potencia para las bombas A, B y C las cuales están colgadas a buses críticos de la división I y II, estos son suministros confiables de potencia existiendo además los generadores diesel que pueden suministrar potencia al bus

respectivo en el evento de una pérdida del suministro normal de corriente. El voltaje debe ser verificado por las bombas del RHR y las válvulas de inyección antes de su operación.

La función de los MCC críticos de 480 Volts C.A. divisiones I y II es suministrar potencia a las válvulas del RHR. La limitación de la pérdida de la potencia de 480 volts podría afectar en el realineamiento de las válvulas para el modo de inyección de LPCI.

La función de 125 Volts CD del bus A y B es proporcionar potencia a los reveladores de control lógico e iniciación del sistema. Los controles del sistema RHR, relevadores y contactos tienen su interfase con el de 125 volts DC vía VB-32 y VB-26. Las limitaciones de la pérdida de 125 volts CD en los buses A y B podrían negar la operación del sistema RHR, modo LPCI. La pérdida de 125 volts CD también podría impedir la operación automática de los generadores diesel división I y II y además podría negar la operación del LPCS.

El sistema de ventilación del edificio del reactor proporciona enfriamiento en el área del cuarto de la bomba del RHR-A/B y C, éste a su vez necesita del sistema NCCW y NSW. Las bombas son enfriadas por el sistema NCCW.

10.8.4 Especificaciones Técnicas

Los sistemas de enfriamiento del núcleo en emergencia (ECCS) se agrupan en tres divisiones, la primera consta del LPCS, LPCI-A y 5 válvulas del ADS, la segunda división consta del LPCI-B, LPCI-C y 5 válvulas del ADS, la tercera división consta del sistema HPCS.

Límites de operación por especificaciones técnicas del sistema LPCI son las siguientes:

Durante las condiciones operacionales 1,2,3 (ver tabla 1.2 del cap. 16.1.0 FSAR) si el sistema LPCI-A se encuentra inoperable, y los sistemas ECCS divisiones 2 y 3 se encuentran operables, se debe de restaurar la operabilidad del LPCI-A dentro de 7 días, si también está inoperable el LPCS habrá que restablecer la operabilidad de cualquiera de ellos en 72 horas, si esto no se consigue el reactor se llevara a apagado en caliente en 12 hrs. y en apagado en frío en 24 hrs.

Si cualquiera de los sistemas LPCI-B o LPCI-C se encuentra inoperable, y los sistemas ECCS divisiones 1 y 3 se encuentran operables, se debe de restaurar la operabilidad del sistema que estuviera inoperable dentro de 7 días, si también están inoperables los dos sistemas LPCI-B y LPCI-C habrá que restablecer la operabilidad de cualquiera de ellos en 72 horas, si esto no se consigue, el reactor se llevará a apagado en caliente en 12 hrs. y en apagado en frío en 24 hrs.

Si cualquiera de los tres lazos LPCI-A, LPCI-B o LPCI-C estuviera inoperable, y el sistema ECCS división 3 se encontrara operable, se debe de restaurar la operabilidad del que estuviera inoperable dentro de 72 horas. Si estuvieran inoperables LPCS y LPCI-B o LPCI-C habrá que restablecer la operabilidad de cualquiera de ellos en 72 horas, si esto no se consigue el reactor se llevará a apagado en caliente en 12 hrs. y a apagado en frío en 24 hrs.

10.8.5 Pruebas y Mantenimiento

Los ECCS divisiones 1, 2 y 3 deben de ser demostradas operables por:

a) Al menos una vez cada 31 días:

- 1.- Verificando que la tubería del sistema esté llena con agua desde la válvula de descarga de la bomba hasta la válvula de aislamiento del sistema por medio de los venteos superiores.
- 2.- Verificar que cada válvula en la trayectoria de flujo ya sea manual, operada con motor o automática estén en su posición correcta y no estén bloqueadas, selladas o aseguradas de otra manera.

b) Al menos cada 3 meses:

- 1.- Verificar que la bomba del LPCI-A/B/C desarrolla un flujo de al menos 290 l/seg (4600 gpm) contra una presión en la línea de prueba mayor o igual a 10.3 Kg/cm² (147 psig).

c) Al menos cada 18 meses:

- 1.- Realizar la prueba funcional del sistema incluyendo la actuación automática simulada del sistema, verificando que cada válvula automática en la trayectoria de flujo actúe a su posición correcta. La inyección de enfriador dentro de la vasija puede ser excluida de esta prueba.
- 2.- Realizar una calibración del canal de la instrumentación del canal de alarma de presión de llenado en la línea de descarga.



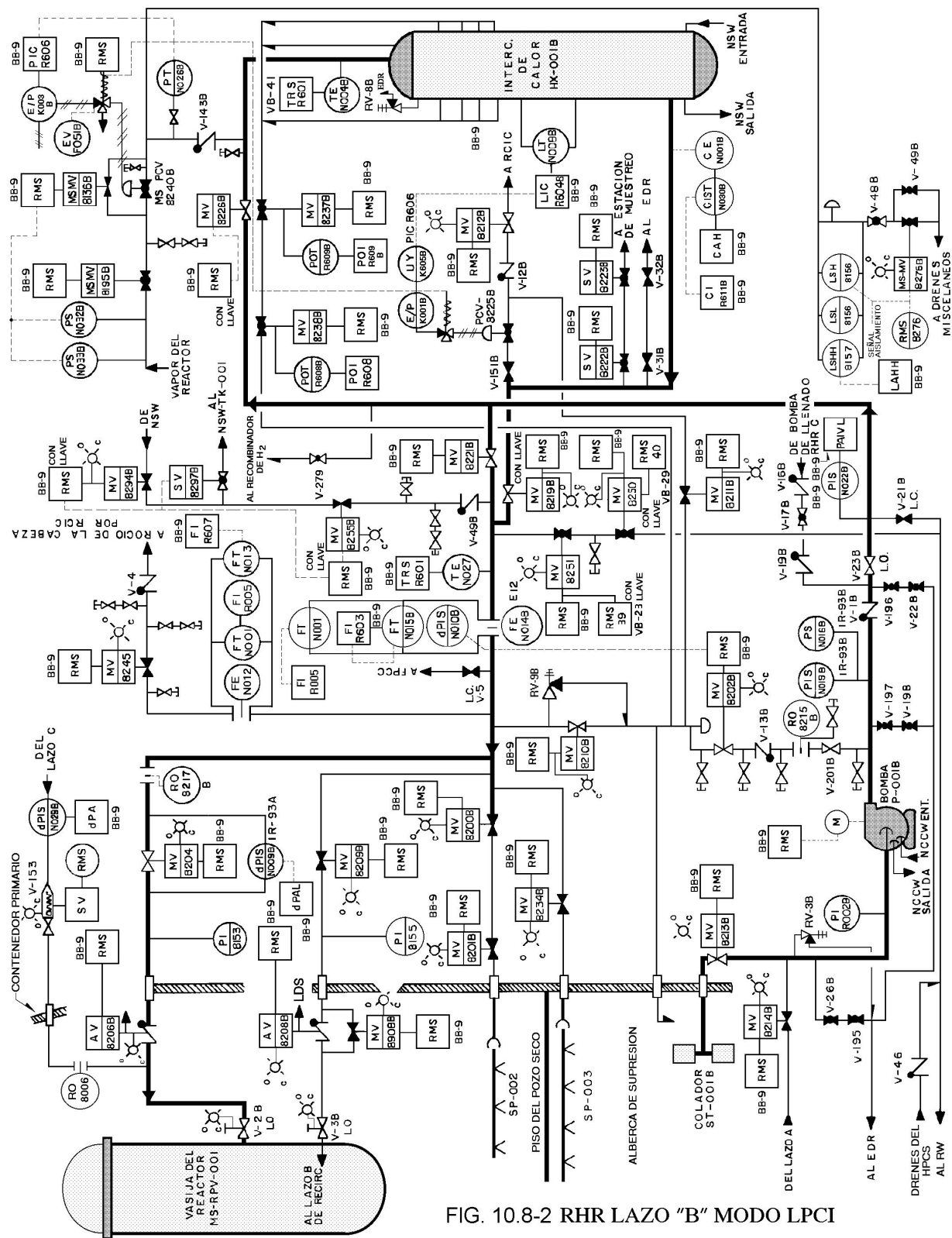


FIG. 10.8-2 RHR LAZO "B" MODO LPCI

