

# LA CATÁSTROFE DE CHERNÓBYL

## Modelización Sistémica

Lic. Roberto Porebski, Lic. Silvina Faccini, Lic. María Juana Vogliano, Lic. María José Scott  
Universidad Nacional de Luján, Departamento de Ciencias Sociales, Centro Regional Chivilcoy, Buenos Aires, Argentina.  
Curso de posgrado: “Pensamiento Sistémico Transdisciplinario”  
Teléfono (55) (011) 15-4064-0849 E-mail: robertoporebski@yahoo.com.ar

### Objetivo del Proyecto:

Percibir, en un esfuerzo transdisciplinario, a partir de la recopilación de datos secundarios, las variables más relevantes de la complejidad en la Explosión de la Planta Nuclear de Chernóbyl y representarla en un modelo sistémico que permita comprender y socializar con terceros la funcionalidad causal de la catástrofe y la detección de “Demoras”, “Arquetipos Sistémicos” y “Variables de Apalancamiento”.

Palabras clave: Chernobyl, Energía Nuclear, Catástrofe, Modelización Sistémica.

### Resumen de los Contenidos:

El trabajo comienza con la explicación sistémica del funcionamiento genérico de una planta nuclear aplicable al caso de Chernóbyl. A partir de esta modelización, por medio de una narrativa estructurada, se aborda una explicación accesible al público no especialista, sobre la red sistémica de factores que llevaron a la explosión de la planta, develando la interacción sistémica de los factores geo y socio políticos, en conjunción con errores de diseño, errores humanos de administración y errores humanos de operación. El análisis final, en la presentación, se reforzará a través de un diagrama cibernético de ciclos, a partir del cual se puedan detectar “Demoras”, “Arquetipos Sistémicos” y “Variables de Apalancamiento”.

El modelo mostrará que Chernóbyl, más que ser considerado un caso arquetípico del riesgo que implica una planta nuclear, merecería ser considerado como una rara excepción de, prácticamente, imposible repetición.

**Sólo 1 Kg.  
de uranio  
produce la  
misma  
cantidad  
de energía  
que  
3 millones  
de Kg. de  
carbón.**

### Funcionamiento del Reactor RBMK de Chernobyl

El **reactor**, con **barras de uranio** produce **energía**, cuya intensidad es controlada por **barras de control** con el fin de lograr un **nivel de temperatura y presión** adecuados, para que junto al mecanismo de ingreso de **agua presurizada** se genere, primero agua a una temperatura muy alta que luego, en un intercambiador de calor, convierte a otro circuito de agua, en **vapor**.

El vapor **impulsa las turbinas** que generan **electricidad**., que además de utilizarse para abastecer el consumo doméstico se usa para impulsar las propias bombas de agua y las barras de control que actúan sobre el centro del reactor.

Es necesario lograr el adecuado **equilibrio** entre **volumen de agua, velocidad de agua y nivel de temperatura** del reactor, para que todo se mantenga estable.

Obstáculos y defensas ante la radiación:

Tan sólo una defensa pasiva de **concreto** (no existente en Chernobyl) hubiese podido impedir, reducir o ralentizar, la emisión de elementos radioactivos hacia la atmósfera.

### ANTECEDENTES GEOPOLÍTICOS DE CHERNOBYL.

Luego de la segunda guerra mundial, el desarrollo de las ideas políticas democráticas registró un avance cualitativo al confrontar sus imágenes de sociedad e instituciones con las del fascismo.

En Occidente:

En la mayoría de los países, como Alemania occidental, Italia, Francia, Gran Bretaña, se valoraron los derechos humanos, las libertades públicas, la existencia de partidos políticos, la división de poderes y el pleno acatamiento a la soberanía popular con respeto a los derechos de las minorías. En este contexto se ve al comunismo como una amenaza para el sistema democrático.

Los Estados Unidos que salieron del conflicto bélico ocupando el rol de principal potencia occidental, tanto en el plano económico, como político e ideológico, es el país que cree que mejor puede asegurar la defensa de lo que ahora se llamaría el “mundo libre”.

En la Unión Soviética:

En la URSS, por otro lado, luego de la muerte de Stalin (1953), se producen cambios en las ideas de los dirigentes soviéticos, abandonan la idea de inevitable enfrentamiento con los occidentales y proclaman su voluntad de mantener relaciones de coexistencia pacífica con los países capitalistas desarrollados, todo esto sin negar la hipótesis del inexorable triunfo mundial del comunismo. Esa victoria sería el resultado de la demostración por la vía del progreso económico y cultural, de la

superioridad de su sistema. Tuvieron ecos importantes en occidente y su opinión pública. Los éxitos de la URSS en la carrera espacial y la economía soviética registraban progresos, mientras la planificación estatal se orientaba a la mejora del nivel de vida de la población.

La burocratización de las estructuras estatales acostumbró a la sociedad a una forma única y estática de existencia. Se creó una imagen simplificada de poder popular en que el poder real no se identificaba con la actividad política de los ciudadanos, sino con los órganos ejecutivos que se declaraban al servicio de los intereses del pueblo.

El poder político durante decenios, no fomentaba la transparencia informativa ni la prensa libre, para una sociedad que, por su parte, se mostraba indiferente. La actividad social de masas estaba debilitada, como también la alineación del hombre trabajador respecto de la propiedad, la administración y la política.

Por otra parte, los Estados Unidos y la URSS mantenían una carrera armamentista, que los soviéticos sólo podían continuar a costa de dirigir hacia ella inversiones que forzosamente conducían a desatender la mejora del nivel de vida interno.

Mientras los EEUU veían a la URSS como una potencia con intenciones de dominar al mundo, en ella estaba latente un verdadero caos interno, donde predominaba una subsociedad militar sobre el resto del sistema social.

Había comenzado la Guerra Fría!

### UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE CHERNOBYL

**Chernóbyl** (*Чорнобиль*, en ucraniano y *Чернобыль* en ruso) es hoy una ciudad abandonada de Ucrania, que contaba con unos 125,000 habitantes antes del accidente de la central nuclear de Chernobyl en 1986 (al cual le fue asignado el mismo nombre que la ciudad a pesar de encontrarse a una considerable distancia de ésta y de que ciudades como Prypiat se localizaran más cercanas a la propia central). Un importante nudo de industria y comercio, especialmente en el siglo XIX. El nombre Chernobyl significa *Jengibre* o *Ajenjo* en ucraniano.

**Chernobyl** esta situada aproximadamente 100 km. al norte de Kiev y junto al río Prypiat. La URSS tenía en Ucrania, a 18 km al noroeste de la ciudad de Chernóbil, a 16 km de la frontera entre Ucrania y Bielorrusia y a 110 km al norte de la capital de Ucrania, Kiev, la planta Nuclear de Chernobyl. Orgullo de su poderío.

La misma constaba de cuatro reactores RBMK-1000 (ya obsoletos en el momento de su construcción) con capacidad para producir Plutonio de grado armamento y 1.000 MW (eléctricos) de potencia eléctrica cada uno. Durante el periodo de 1977 a 1983 se pusieron en marcha progresivamente los cuatro reactores.

### DESCRIPCIÓN SISTÉMICA DEL ACCIDENTE:

**Nota:** En todos los casos en que se desea resaltar en el texto la ocurrencia de algún tipo de error de Diseño, de Política Internacional, de política Soviética, de Operación, Administrativos, de Control, de Comunicación o Científicos, ello se señalará subrayando con letras itálicas el texto alusivo.

#### Objetivo del Simulacro:

Para el 26 de Abril de 1986 en la planta de Chernobyl, los ingenieros de la sala de control, recibieron de sus superiores la orden de realizar una prueba de seguridad en el reactor. Para ello deberían averiguar durante cuanto tiempo continuaría generando electricidad la turbina una vez cortada la afluencia de vapor. Las bombas refrigerantes de emergencia, en caso de avería, requerían de un mínimo de potencia para mantenerse en marcha (hasta que arrancaran los generadores diesel) y los técnicos de la planta desconocían si una vez cortada la afluencia de vapor, la inercia de la turbina podía mantener las bombas funcionando durante *los “N” segundos pendientes* hasta el arranque de los Diesel.

Los expertos occidentales sospechaban desde hacía tiempo sobre la seguridad de reactores soviéticos como el de Chernobyl. En los reactores “occidentales” esta eventualidad está prevista en el diseño del reactor, admitiéndose una demora de 30 segundos de los diesel que deben cubrir las fallas.

En la unidad 4 de la Central de Chernobyl, después de haberlo realizado con éxito en la unidad N° 3, se había intentado este experimento pero había quedado inconcluso. Los oficiales conocían una falla de diseño denominada “Coeficiente de Vacío Positivo” (*positive void coefficient*) que significaba una posible inestabilidad del reactor operando a baja potencia.

Tres operadores principales quedaron a cargo de la prueba: Boris Stoliarchuk controlaba las **bombas de agua** presurizada que refrigeraban y moderaban el **reactor**, Yuri Korneev las **turbinas** y Leonid Tortunoud las barras de control del **reactor**. *Ninguno con nivel de jefatura.*

### **Secuencia de eventos de la prueba:**

Chernobyl funcionaba por la misma energía eléctrica que producía. Las largas barras de uranio eran utilizadas para producir calor en el reactor. Las barras de control se insertaban para controlar la cantidad de energía que daba el uranio, mientras pasaba el agua liviana presurizada por el centro nuclear que, absorbiendo el calor del núcleo, luego se convertiría en vapor. El vapor impulsaba a las turbinas que generan electricidad. El agua liviana también era empleada como elemento moderador de la velocidad de los neutrones.

Chernobyl tenía 4 reactores que funcionaban al mismo tiempo. Sólo 1 Kg. de uranio produce la misma cantidad de energía que 3 millones de Kg. de carbón. Los beneficios son enormes, pero utilizar uranio de forma segura para producir energía es un juego de equilibrio que requiere ingeniería de primera línea.

#### **25 de abril:**

**01:00** Se comenzó a bajar gradualmente la potencia.

**14:00** El reactor quedó funcionando a un **50 %** de potencia, a unos 1600 MW térmicos. Como parte del procedimiento establecido, se desconectó el “Sistema de Emergencia para el Enfriamiento del Núcleo” (ECCS) para impedir que éste interrumpiera la prueba más tarde.

14:00 En ese punto, las autoridades del control de electricidad en Kiev, requirieron que se lo mantuviera por necesidades de la red eléctrica. Continuar con la prueba causaría una interrupción en el suministro de energía en Kiev. La central quedó operando a 1600 MW (t) esperando la autorización para iniciar la experiencia, cosa que ocurrió recién a las **23:00**.

**23:10** Con Operadores sin nivel de jefatura, se recomenzó a bajar la potencia del reactor, de acuerdo al plan estipulado previamente por la Administración. Esto provocó la condensación del vapor presente en el núcleo. Como el agua absorbe más neutrones que el vapor, esto introdujo reactividad negativa tendiendo al “Envenenamiento por Xenón”.

*Envenenamiento por Xenón: Si la “reactividad” es negativa la población neutrónica disminuye y el reactor tiende a apagarse. Adicionalmente, al bajar la potencia del reactor se produce un fenómeno conocido como envenenamiento por xenón. Entre los productos de fisión que se producen dentro del reactor, se encuentra el xenón, un gas muy absorbente de neutrones. Mientras el reactor está en funcionamiento de modo normal, se producen tantos neutrones que la absorción es mínima, pero cuando la potencia es muy baja o el reactor se detiene, la cantidad de xenón 135 aumenta e impide restablecer la reacción en cadena por varios días.*

#### ***1(una) hora después:***

#### **26 de abril:**

**00:05** La potencia del Reactor ya había bajado hasta 720 MW(t) y continuaba bajando. Hoy se sabe que por el “Coeficiente de Vacío Positivo”, este era el límite de operación segura de los reactores RBMK.

#### ***23 minutos después:***

**00:28** La potencia del Reactor ya había bajado hasta 500 MW(t). En este punto el control fue transferido al “Sistema de Regulación Automático”. Por una falla de operación al pasarle datos al sistema o por una falla del sistema mismo, que no respondió a la señal, se insertaron las barras de control para disminuir la potencia del reactor y ésta cayó hasta los 30 MW (t).

#### ***4 minutos después:***

**00:32** Con 30 MW(t) ya había comenzado el envenenamiento por xenón y para evitar la parada del reactor, sin pedir autorización de un jefe según estipulaban los procedimientos, aumentaron la potencia subiendo las barras de control, quedando insertas pocas barras moderadoras, dejando menos de las 26 barras estipuladas como límite.

#### ***30 minutos después:***

**01:00** La potencia del Reactor se había recuperado hasta 200 MW(t). Aún en este nivel, pero muy por debajo de los 700 MW(t) del límite, la prueba no debió de haber continuado, pero los operadores continuaron con ella.

#### ***3 minutos después:***

**01:03** Como parte del Procedimiento el operador conectó una bomba adicional al sistema de enfriamiento, incrementando el caudal de agua hacia el núcleo, aumentando con ello la “reactividad negativa”.

#### ***4 minutos después:***

**01:07** Como parte también del Procedimiento, el operador conectó una segunda bomba adicional al sistema de enfriamiento, incrementando aún más el caudal de agua hacia el núcleo, removiendo calor del núcleo muy rápidamente, aumentando aún más la “reactividad negativa” y reduciendo el nivel de agua en el Separador de Vapor.

Evitando que el reactor se apague: Esta situación produjo preocupación en los operadores, ya que el reactor se apagaba inexorablemente. Entonces, decidieron extraer casi todas las barras manuales de control del núcleo (posiblemente dejaron sólo 8), algo que no estaba permitido por los manuales de operación que estipulaban un mínimo absoluto de 15 barras. Fue posible porque el diseño no contemplaba el enclavamiento del mecanismo. En cualquier caso era de suponer que las barras automáticas permanecían en su lugar incrementando el número real de barras de control.

**8 minutos después:**

**01:15** Con el reactor operando prácticamente sin barras, se alcanzó un 7 % de potencia, en un estado de alta inestabilidad. El reactor poseía un sistema automático de control de caudal por los canales. Al trabajar a tan baja potencia, el sistema hubiese tendido a la parada. Para evitarlo, los operadores desconectaron el sistema de parada por caudal e iniciaron el control manual del mismo. Nuevamente, la falta de enclavamientos permitió esta maniobra.

**6 minutos después:**

**01:21** El operador redujo el flujo de agua para estabilizar el nivel de agua en el separador de vapor hasta que le pareció normal. Esto redujo el enfriamiento del núcleo.

**1 minuto después:**

**01:22** Una espontánea formación de vapor comenzó en el núcleo.

**45 segundos después:**

**01:22:45** Aunque el funcionamiento era anormal, los indicadores que recibía el operador parecían indicar que el sistema se encontraba estable.

**La Prueba:**

**20 segundos después:**

En ese momento, casi todo el refrigerante estaba condensado en el núcleo.

**01:23:04** se decidió desconectar la turbina de la línea de vapor, para iniciar la prueba. Este era el paso previsto en la prueba. Para poder hacerlo, los operadores tuvieron que hacer lo propio con otros sistemas de emergencia.

**6 segundos después:**

**01:23:10** En el tiempo previsto de aproximadamente 10 segundos, las barras automáticas de control se removieron del núcleo para compensar la baja en la reactividad que sigue normalmente al cerrado de la turbina, porque normalmente el cerrado de la turbina hace aumentar la presión en el sistema de enfriamiento, pero esta baja de reactividad, que era lo esperado, no ocurrió, porque el sistema estaba operando a baja potencia.

**25 segundos después:**

**01:23:35** Al desconectar la turbina, las bombas comenzaron a alimentarse por la tensión provista por el generador durante el frenado inercial. La tensión fue menor y las bombas trabajaron a menor velocidad. Entonces, se formaron burbujas de vapor en el núcleo, insertando una altísima reactividad por el “Coeficiente de Vacío Positivo” (positive void coefficient) que pesaba sobre el diseño del reactor, significando el riesgo de inestabilidad, con riesgo de recalentamiento y, por lo tanto sobrevino un brusco incremento de potencia. El vapor en el núcleo comenzó a incrementarse descontroladamente en cadena. A mayor vapor menor reactividad negativa y mayor incremento de la potencia, porque se reduce el efecto moderador del agua.

**15 segundos después:**

**01:23:40** el operador presionó el botón de emergencia AZ-5 para introducir las barras de control. O estas no respondieron debido a que posiblemente ya estaban deformadas por el calor o la entrada de las barras desde la parte más alta concentró toda la reactividad en el piso del núcleo.

**4 segundos después:**

**01:23:44** Para ese momento, el reactor ya había trepado a 100 veces su potencia nominal.

**1 segundo después:**

**01:23:45** Las barras de combustible comenzaron a destrozarse reaccionando con el agua produciendo alta presión.

**4 segundos después:**

**01:23:49** La presión en los tubos subió rápidamente, provocando su ruptura.

**11 segundos después:**

**01:24:00** Se oyeron fuertes ruidos y entonces se produjeron dos explosiones: La primera producida por el vapor dentro del núcleo, que hizo volar el techo de acero del reactor de 2000 toneladas. La segunda fue el resultado de la expansión del vapor combustible porque la ruptura permitió la entrada de aire y el grafito caliente en contacto con el aire entró en combustión provocando un incendio adicional en la planta y la emisión de productos de fisión a la atmósfera.

**Después de la explosión:**

Aproximadamente 8 de las 140 toneladas de combustible radioactivo fueron eyectadas del reactor, volando al cielo nocturno junto con una porción del grafito, también radioactivo. Adicionalmente, por la explosión y el fuego, fueron liberados vapores de cesio y yodo radioactivo. Algunos fragmentos de combustible y grafito en llamas fueron lanzados hacia afuera, cayendo sobre el techo de turbinas adyacentes, causando una treintena de incendios.

Sonó la alarma en la estación de bomberos de la planta.

A 4 minutos de la explosión, el primer grupo de 14 bomberos llegó a la escena. El incendio cubría el reactor N°4. Necesitaban más apoyo. 100 bomberos respondieron a la llamada. No sabían que era el reactor, porque nadie se los dijo.

Ninguno de los bomberos se dio cuenta de que estaban en medio de una catástrofe nuclear. Lucharon con las llamas más de 1 y ½ hora. Uno a uno, los hombres comenzaron a caer. Vomitando y perdiendo la conciencia.

De los 69 bomberos en la explosión: 31 murieron por la exposición directa a la radiación, otros sufrieron un agudo síndrome radiactivo, heridas técnicas y químicas, falla cardíaca, daño a los pulmones y al sistema inmunológico. Pero ese fue solo el comienzo de la crisis.

**05:00** Para esa hora los bomberos habían apagado la mayoría de los incendios, con un terrible costo en vidas por la sobre exposición a la radiación.

Hasta entonces los soviéticos asumían que solo los afectados directamente conocían la crisis. Pero era la Guerra Fría, los satélites estadounidenses realizaban servicios de rastreo continuos sobre la URSS como una cuestión rutinaria. Sólo 28 segundos después de la explosión, un satélite pasó sobre Chernobyl. La inteligencia estadounidense creyó que los soviéticos habían lanzado un misil nuclear. Pero la imagen roja mostraba un área de calor intenso en la planta de energía nuclear de Chernobyl. Se dieron cuenta de que algo estaba muy mal.

**27 de abril:**

Diversas estaciones de control en Suecia advirtieron de la elevada presencia de polvo altamente radioactivo en su territorio y fijaron el origen del mismo como proveniente de la zona fronteriza entre Ucrania y Bielorrusia en función de los vientos dominantes en aquellos días. Mediciones similares se fueron sucediendo en Finlandia y Alemania, lo que permitió al resto del mundo conocer en parte el alcance del desastre.

**28 de abril:**

Por la noche, durante la emisión del programa de noticias Uremya, el presentador leyó un escueto comunicado:

“Ha ocurrido un accidente en la planta de energía de Chernobyl y uno de los reactores resultó dañado. Están tomándose medidas para eliminar las consecuencias del accidente. Se está asistiendo a las personas afectadas. Se ha designado una comisión del gobierno”.

En 10 días, parte del material radiactivo alcanzó lugares tan distantes como Japón y EEUU.

**14 de mayo:**

Los dirigentes de la URSS habían tomado la decisión política de no dar más detalles. Pero ante la evidencia, el Secretario General Mijaíl Gorbachov decidió leer un extenso y tardío, pero sincero informe, en el que reconocía la magnitud de la terrible tragedia.

Quedó en evidencia la cuestionable forma de actuación de las autoridades soviéticas, que, aun conociendo las posibles consecuencias del accidente, no entrenaron ni alertaron suficientemente a la población, pudiendo haber evitado miles de afectados y muertes. Fue necesario que un laboratorio sueco diera la voz de alarma para que el hecho fuera difundido.

#### **Medidas tomadas en la planta después de la explosión:**

Luego de fracasar en su intento de inundar al núcleo, los soviéticos decidieron cubrirlo con materiales absorbentes de neutrones y rayos gamma (plomo, sustancias boradas, arena, arcilla, dolomita). Del 28 de abril al 2 de mayo, se dedicaron a hacerlo desde 1800 helicópteros arrojando 5 mil toneladas de materiales. Además, cavaron un túnel por debajo de la central, para introducir un piso de hormigón y evitar la contaminación de las napas de agua subterránea y un fenómeno de riesgo conocido como “síndrome de china”. Así consiguieron que cesaran las grandes emisiones de material radiactivo.

Al mismo tiempo, los responsables de la región, comenzaron a preparar la evacuación de la ciudad de Pripyat y de un radio de 10 km alrededor de la planta. La mayoría de los empleados de la planta vivían en el pueblo de Pripyat a 3 kms. No tenían ni idea de que sus vidas corrían peligro.

#### **Medidas tomadas con la población después de la explosión (36 horas después):**

Las autoridades soviéticas comenzaron preparativos secretos para evacuar a la población de Pripyat fundada apenas en el año 1970 y de casi 50.000 habitantes.

La evacuación debía ser rápida y eficiente. Se convocó al ejército y organizaron 1200 autobuses. Un día y medio después de la explosión los residentes de Pripyat recibieron la primera información local. Debían empacar y preparar algo de comida para el viaje. Llevar los documentos, dinero y esperar los autobuses.

La evacuación masiva comenzó a las 2 de la tarde. 3 horas después Pripyat era un pueblo fantasma. La columna de autobuses y vehículos de transporte se extendía 15 kms.

#### **6 días después de la explosión:**

La evacuación de Chernobyl y de un radio de 36 *km no se completó sino hasta pasados seis días del accidente*. Para entonces ya había más de 1.000 afectados por lesiones agudas producidas por la radiación.

#### **2 Años después de la explosión:**

El reactor fue finalmente recubierto con un "sarcófago" de hormigón, en 1988, que provee un blindaje suficiente como para trabajar en los alrededores en la recolección de escombros y en el lavado de superficies. Para evacuar el calor residual, se instalaron ventiladores y filtros. Sin embargo los otros 3 reactores de Chernobyl ya estaban funcionando de nuevo. Tres años más tarde, uno de estos reactores sufrió un incendio y ya no volvió a ponerse en marcha. En 1997 se paró otro de los reactores, y el 15 de diciembre de 2000 se cerró definitivamente la central al apagarse el único reactor que seguía en funcionamiento.

### **LAS CAUSAS DE LA EXPLOSION DEL REACTOR EN CHERNOBYL**

Este reactor RBMK de 1000 Megawatts eléctricos era moderado con grafito y también “moderado” y “enfriado” con agua ligera presurizada. Más que potencia eléctrica, producía plutonio-239 para armamento. Por consiguiente el combustible no podía ser irradiado por largos periodos de tiempo y el reactor estaba equipado con un sistema para cargar y descargar elementos combustibles sin necesidad de apagar el reactor.

Las causas de la catástrofe reconocen la interacción sistémica de diversos tipos de fallas:

- ✓ Fallas en el diseño del Reactor.
- ✓ Fallas en los sistemas de control de la planta.
- ✓ Fallas Humanas de Administración.
- ✓ Fallas Humanas de Operación.
- ✓ Fallas de las Autoridades Políticas, tanto Internacionales, como Soviéticas.

#### **Fallas en el diseño del Reactor (al menos 5):**

**1-“Coeficiente de Vacío Positivo”:** El núcleo del reactor RBMK es inestable por debajo de 700 Megawatts térmicos. Es decir, a baja potencia el reactor es difícil de controlar y cualquier tendencia hacia una reacción en cadena se amplifica rápidamente. Esta característica muy peligrosa es típica del diseño RBMK por una falla de diseño denominada “Coeficiente de Vacío

Positivo” (positive void coefficient) que significaba una posible inestabilidad del reactor operando a baja potencia, con riesgo de recalentamiento y pérdida de control de la reacción en cadena.

Por fortuna, esta característica esta ausente en los diseños occidentales así como en los otros reactores soviéticos de agua presurizada VVER. En todos los reactores diferentes al RBMK, cualquier incremento en la reacción en cadena es automáticamente detenida, gracias al diseño del núcleo del reactor. La explosión en Chernobyl ocurrió durante una prueba a baja potencia, es decir en un momento en el cual el reactor estaba inestable. Los ingenieros nucleares rusos sabían de esta inestabilidad así como los expertos franceses y británicos. Las autoridades soviéticas habían sido muy bien advertidas de ello antes del accidente de Chernobyl.

**2- Barras de control lentas:** En un reactor RBMK las barras de control se insertan lentamente. La inserción completa requiere 20 segundos, mientras que en otros reactores en el mundo solo toma menos de 2 segundos. Aquello es demasiado lento para evitar el desbocamiento del núcleo cuando opera en modo inestable. Y los reactores RBMK no tienen barras de control de emergencia con inserción rápida.

**3-Barras de control y reactividad inicial:** Las barras de control son de carburo de boro con una cubierta de grafito. Cuando la barra de control se empieza a insertar, el grafito aumenta la reactividad. *Este fenómeno peligroso fue observado en 1983* - tres años antes del incidente de Chernobyl - en un reactor RBMK en la central Ignalina en Lituania.

**4- Barras de control con grafito:** En el reactor RBMK el moderador neutrónico consiste en 600 toneladas de grafito. Quizás no fuese tanto un error de diseño como una propiedad infortunada de ese material; cuando el grafito muy caliente entra en contacto con el aire, estalla en llamas. En Chernobyl el fuego del grafito vaporizó los radioisótopos en el reactor y los dispersó en la atmósfera junto con el humo. Los reactores de agua presurizados occidentales (PWR) y los reactores de agua hirvientes (BWR) no contienen grafito ni ningún otro material inflamable.

**5- Falta de protección pasiva:** Los reactores RBMK no tienen un sistema para filtrar los gases de escape ni una contención estructural (la semiesfera de concreto que se observa en muchas plantas). En el peor de los escenarios, esta última por lo menos habría reducido y habría retardado el escape de material radiactivo al ambiente. Semejante contención protege los otros reactores en todo el mundo, incluso los reactores más recientes (VVER 1000) instalados en la ex-Unión Soviética y en sus estados satélites. El reactor de Three Mile Island (EEUU) que sufrió un accidente al derretirse el núcleo del reactor estaba bien protegido que por consiguiente, no hubo muertos, ni una liberación significativa de radioactividad.

#### **Fallas en los Sistemas de Control del Reactor (al menos 2, esenciales):**

- 1- Los Sistemas de Control de la planta carecían de lo que se denominan “Puntos de Enclavamiento”. Estos puntos son límites de operación que ningún operador puede superar, de forma de garantizar las condiciones mínimas de seguridad de la planta. Gracias a esta deficiencia los operadores pudieron desactivar tres mecanismos de seguridad automáticos, tanto para la inyección de agua de emergencia, como otros dos para el paro de emergencia.
- 2- También gracias a esta deficiencia los operadores pudieron operar el reactor a un nivel de potencia reducida por debajo de los 700 megavatios-térmicos, límite de estabilidad del Reactor y pudieron tener menos de las 26 mínimas barras de control (se estima que llegaron a tener sólo 8 antes de que se desencadenara la catástrofe) totalmente insertadas en el núcleo.

#### **Fallas Humanas de Administración y Operación (al menos 6):**

- 1- Se identificaron muchos errores humanos, tanto de Administración como de Operación. Se violaron dos reglas permanentes de operación: no operar el reactor por cualquier periodo de tiempo a un nivel de potencia reducida (debajo de 700 megavatios-térmicos), y nunca tener menos de 26 barras de control totalmente insertadas en el núcleo. Un error consistió en no seguir el procedimiento de prueba, y tres mecanismos de seguridad se desconectaron - uno para la inyección de agua de emergencia, y otros dos para el paro de emergencia.
- 2- La prueba debía tener lugar durante el día cuando más ingenieros expertos estaban en servicio. Pero habría significado prácticamente una interrupción del suministro de energía de Kiev. Por el contrario, la prueba fue pospuesta hasta la noche, cuando la demanda de energía en la planta era más baja. Para entonces, los científicos expertos se habían retirado. Sólo un equipo joven quedó a cargo del reactor N°4.
- 3- Es evidente que los operadores no fueron entrenados adecuadamente y no comprendieron la naturaleza peligrosa de sus acciones. Si no se hubiera cometido cualquiera de estos seis errores, posiblemente la explosión no habría ocurrido. Por otro lado, sería demasiado fácil culpar al grupo de operación por la catástrofe; ellos estaban haciendo su trabajo con el

entrenamiento que habían recibido. Ese entrenamiento era insuficiente y totalmente inconsistente con la falta de características de seguridad pasivas que tiene el diseño del reactor RBMK. No sabiendo mucho sobre el comportamiento del núcleo del reactor, los operadores fueron incapaces de apreciar las implicaciones de las decisiones que estaban tomando, y su situación era aun más peligrosa ya que la prueba estaba haciéndose a baja potencia, en violación de órdenes vigentes y en un horario nocturno sin jefes de operación presentes.

- 4- Las instrucciones de operación, tanto las órdenes generales vigentes como las instrucciones específicas para la prueba, eran incompletas e imprecisas. Además, para completar el contexto sistémico de una catástrofe, durante la prueba no se mantuvo la comunicación entre los jóvenes en los tres puestos cruciales a cargo de la misma.

#### **Fallas de las Autoridades Políticas.**

Guerra Fría y Carrera armamentista: En la Guerra Fría, el aspecto de la producción de plutonio del RBMK impuso un sentido de urgencia en su diseño, construcción y operación; ningún tiempo debía ser "desperdiciado" en mejoras aun siendo esenciales para un funcionamiento seguro. Los científicos e ingenieros trabajaron bajo una y sólo una pauta: producir plutonio de grado armamento. Los problemas presupuestarios fueron manejados en la misma dirección. Simplemente usar los fondos disponibles para producir la máxima cantidad de plutonio-239 de grado armamento de la más alta calidad, tanto y tan rápidamente como fuera posible. Fue bajo estas circunstancias que el Ministro de Electrificación declaró en una reunión del Politburó el 2 de mayo de 1986, seis días después de la explosión: "A pesar del accidente, el equipo de construcción cumplirá con sus obligaciones socialistas y pronto empezará a construir el reactor número 5."

Cultura del Secreto en la Unión Soviética: La cultura del secreto era universal en la URSS. Impuso la departamentalización del conocimiento: ninguna persona podía ver la película completa e integrar todos los aspectos de la seguridad de la operación. En la energía nuclear civil la cultura soviética del secreto duró hasta 1989.

Capacidades científicas subordinadas a la política: Algunos científicos soviéticos eran estrictamente honrados y abiertos. Otros que también eran competentes, y reconocidos como tales, estaban más motivados por sus intereses personales que por la objetividad científica y les faltó valor para ser científicamente rigurosos. Ellos aceptaron o animaron al poder político en la toma de decisiones cuestionables e incluso peligrosas. El forcejeo por influencias reemplazó al debate científico, técnico y tecnológico.

Dictadura burocrática en la toma de decisiones: Los errores de diseño del reactor no surgieron de la incompetencia de los ingenieros. Eran más bien el resultado de la dictadura burocrática que se impuso en todas las decisiones del sistema soviético, incluso las que trataban con la seguridad.

Un problema soviético antes que una deficiencia nuclear: Está claro hoy en día, para la comunidad científica internacional, que la explosión del reactor de Chernobyl se hizo posible por las muchas limitaciones del sistema soviético. Bien se puede decir que la explosión de Chernobyl fue más un evento soviético que un evento nuclear.

Pasada la catástrofe todos los reactores soviéticos sufrieron modificaciones para aumentar la seguridad y todas las sociedades de Energía Nuclear del mundo reforzaron aún más su, desde siempre, preocupación por este aspecto.

#### **CONCLUSIONES FINALES y CONSECUENCIAS:**

Único caso en toda la historia nuclear: Chernóbyl es el único accidente con características catastróficas y luctuosas de toda la historia de la Energía Nuclear para uso civil y comercial.

La conclusión final fue que el desastre fue causado por la mala administración del sistema y 3 ingenieros experimentados recibieron sentencias de prisión por 10 años. El Director de la planta se suicidó en 1988, en el segundo aniversario de Chernobyl.

En la actualidad, el pequeño pueblo de Pripyat, una vez hogar de miles de trabajadores de Chernobyl, es tan tóxico que fue cerrado al público. El acceso quedó restringido en una tierra desolada de 30 Km., cerca de la planta nuclear y dentro del anillo más cercano, de 10 kms está prohibido consumir alimentos al aire libre. Otro pueblo cercano a la planta, llamado "Kopachi" de 500 habitantes, fue evacuado y sepultado por decisión de las autoridades. Hace tiempo que desaparecieron las esperanzas de que los residentes regresaran a reclamar sus hogares.

Sorprendentemente, la planta de energía de Chernobyl siguió operando casi 15 años más. Los trabajadores se registraban diariamente en el área restringida, a pesar de que era muy peligrosa. Un ejército de miles de trabajadores llamados "liquidadores" han trabajado haciendo limpieza de escombros y lavado de superficies. Algunos aún hoy lo siguen haciendo, lavando periódicamente las superficies cercanas a la planta. Finalmente, en diciembre de 2000, Chernobyl fue cerrada.

### Controversia por la cantidad de heridos y muertos:

El gobierno ucraniano estima que al menos 8000 personas murieron como resultado de la catástrofe y que en las áreas más afectadas, el índice de cáncer de tiroides en niños y adolescentes se incrementó 100 veces.

Las Naciones Unidas creen y documentan objetivamente que estos números son producto de la “victimización de los sobrevivientes” y documentan un total de sólo **56 muertes**:

- 2 operarios fallecieron en la explosión,
- 28 bomberos fallecieron en los cuatro meses iniciales.
- 19 bomberos fallecieron subsecuentemente.
- 9 casos comprobados de muerte por tiroides infantil.

Estudios rigurosos efectuados por científicos de la Naciones Unidas en 2000 y confirmados en 2005, sostienen que no hay evidencia científica de ningún efecto significativo producido por la radiación en la salud de la mayoría de las personas que resultaron expuestas.

El desastre obligó a que la URSS modificara todos los reactores de diseño similar, para asegurar que este horror no se volviera a repetir jamás.

### El sarcófago actual:

Hoy, 200 Tn de uranio y casi 1 Tn de plutonio permanecen dentro del reactor destruido.

En 1997, un grupo de 28 naciones incluyendo Estados Unidos, aceptó promover un plan de 10 años para una solución a largo plazo de Chernobyl (en el año 2006, aún no se había realizado).

### El sarcófago futuro:

Un arca de acero de 20.000 Tn cerrará completamente el reactor N°4 de Chernobyl y costaría unos 768 millones de dólares. Una parte clave del nuevo proyecto son las 4 enormes grúas en el techo del nuevo casco. Serán capaces de penetrar los restos y remover la basura radiactiva. Cuando se complete, se espera que la amenaza radiactiva de Chernobyl pueda ser finalmente derrotada.

### **Fuentes:**

**World Nuclear Association**, Chernobyl Accident. (March 2006). Carlton House, 22a St James's Square, London, SW1Y 4JH, UK. Email : wna@world-nuclear.org

**Nuclear Energy Institute** 1996, *Info Bank briefing sheets and Source Book*, 4th edn.

**OECD NEA** 1995, *Chernobyl Ten Years On, radiological and health impact*,

**IAEA** 1996, *Ten years after Chernobyl: what do we really know? (from April 1996 conference)*;

*UNSCEAR 2000 report, Annex J.*

**IAEA** 2005, *Chernobyl Forum report: Chernobyl's Legacy: Health, Environmental and Socio-Economic Impacts.*

**Jaworowski Z.** 2004, *Lessons of Chernobyl, with particular reference to thyroid cancer.* ARPS newsletter April 2004 and International Policy Network.

**EIR** May 7, 2004. Science & Technology 61

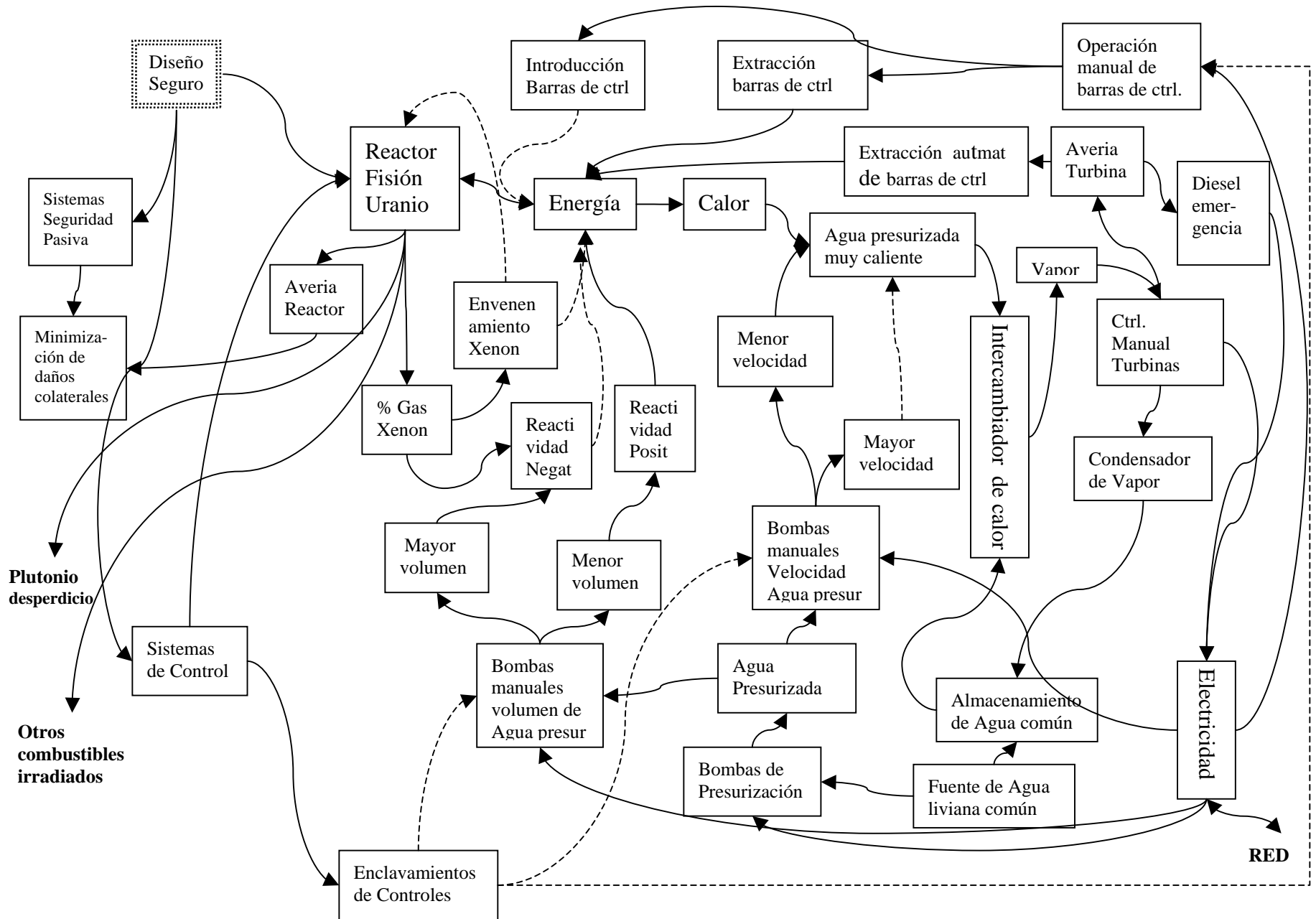
**Ing. Marian Nava** mariannava@hotmail.com Republica Bolivariana De Venezuela. Ministerio De Educación Superior. Instituto Universitario Tecnológico De Maracaibo. Ampliación Ciudad Ojeda. Cátedra: Salud Ocupacional

**Imágenes de Chernóbyl:** National Geographic Channel. Segundos catastróficos. 2006.

**Imágenes de Prypiat:** TN Ecología. Chernóbyl 20 años después. 2007.

**Imágenes y datos de Reactores:** Dr. Mario O. Cencig, Unicamp. Universidad de Campinas, SP Brasil. Núcleo Interdisciplinar de Planejamento Energético: “Fontes não renováveis de energia”.

**MODELO CONVENCIONAL DE UN REACTOR DE AGUA PRESURIZADA NORMAL PARA USO CIVIL Y COMERCIAL**



**MODELO RBMK DE CHERNOBYL. ¿QUÉ SE LE ELIMINÓ? DE UN REACTOR DE AGUA PRESURIZADA NORMAL?**

