



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE
ESTRUCTURAS BASADO EN LOS SISTEMAS
DE INSTRUMENTACIÓN INSTALADOS EN LAS
CENTRALES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA
ELÉCTRICA DE LA COMISIÓN FEDERAL DE
ELECTRICIDAD**

**TRABAJO DE EXPERIENCIA
PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO EN COMPUTACIÓN
PRESENTA:**

YOLANDA SÁNCHEZ GARCÍA



DIRECTOR:

ING. JAVIER GONZÁLEZ PRADO

CIUDAD UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F. 2013

AGRADECIMIENTOS

A DIOS:

Por haberme bendecido con los padres que me dio.

¡Muchas Gracias!

A MIS PADRES:

Porque gracias a su cariño, apoyo y confianza he llegado a realizar dos de mis más grandes metas en la vida. La culminación de mi carrera profesional y el hacerlos sentirse orgullosos de esta persona que tanto los ama.

¡Con todo el amor de mi alma!

A MI ESPOSO:

A quien agradezco su apoyo, comprensión y confianza, y quiero decirte que mis logros son también tuyos, hago de éste un triunfo, el cual quiero compartir contigo siempre.

¡Con amor, respeto y admiración!

A MIS HERMANOS (AS), CUÑADOS (AS) SOBRINOS (AS):

Por el cariño y apoyo moral que siempre he recibido de ustedes y que me alentaron a lograr esta hermosa realidad.

¡Con el más sincero cariño!

A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS DE CFE:

Al término de esta etapa de mi vida, quiero expresar un profundo agradecimiento a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a ver culminado mi esfuerzo.

¡Con la mayor gratitud!



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA
COMITÉ DE TITULACIÓN

OFICIO: FING/DIE/CSSS/328/2013
ASUNTO : **Solicitud de Jurado Para Examen Profesional**

MTRO. JOSÉ GONZALO GUERRERO ZEPEDA
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA
DE LA U.N.A.M.
Presente.

Por medio del presente, la alumna **SANCHEZ GARCIA YOLANDA** registrada en esta facultad con el número de cuenta **084386397** en la carrera de **INGENIERÍA EN COMPUTACIÓN** e inscrita en la modalidad de titulación denominada:

TITULACIÓN POR TRABAJO PROFESIONAL

quien cumpliendo los requisitos de egreso de su plan de estudios necesarios para realizar sus trámites de examen profesional, presentó como trabajo escrito el **INFORME** con el siguiente título:

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE INFORMACION DE SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS BASADO EN LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACION INSTALADOS EN LAS CENTRALES DE GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE LA CFE

solicita atentamente se sirva autorizar la programación de su examen profesional con el siguiente jurado, **que ha sido previamente validado como personal académico activo de la UNAM y sin goce de periodo sabático.**

ASIGNACIÓN	NOMBRE	RFC	HOMOCLAVE	NO. TRABAJADOR	NOMBRAMIENTO
PRESIDENTE:	ING. HERIBERTO OLGUIN ROMO	OURH411127	H34	32161	PROF. CARR
VOCAL:	ING. JAVIER GONZALEZ PRADO	GOPJ620411	1C8	102339	PROF. ASIG
SECRETARIO:	ING. ROBERTO AUGUSTO ESPINOSA Y LARA	EILR441120	5S5	41239	PROF. ASIG
1ER. SUPLENTE:	M.C. MARIA JAQUELINA LOPEZ BARRIENTOS	LOBJ630401	NY4	109343	PROF. CARR
2DO. SUPLENTE:	M.C. ALEJANDRO VELAZQUEZ MENA	VEMA760306	557	808946	TEC. ACAD.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cd. Universitaria, D.F. a 15 de Abril de 2013.

EL PRESIDENTE DEL COMITÉ

DR. FRANCISCO JAVIER GARCÍA UGALDE

El interesado deberá acudir dentro de los 20 días hábiles siguientes a la fecha del presente, a entregar la documentación necesaria para el examen, título y cédula, de acuerdo a los términos e indicaciones del instructivo correspondiente. De lo contrario, deberá obtener un refrendo del presente oficio por parte de este Comité de Titulación.

CCP: SANCHEZ GARCIA YOLANDA. El Interesado

México D.F. a 22 de octubre de 2012

**COMITÉ DE TITULACIÓN DE LA DIE
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
P R E S E N T E**

Por medio del presente me permito comunicar a usted, que la C. YOLANDA SÁNCHEZ GARCÍA, pasante de la carrera de Ingeniería en Computación con número de cuenta 08438639-7, ha realizado actividades afines a su carrera en la Comisión Federal de Electricidad durante 27 años que ha laborado en la Subgerencia de Seguridad de Estructuras de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil.

Asimismo, le informo que se autoriza hacer uso de la información derivada de la experiencia profesional adquirida durante estos años para la elaboración de su trabajo "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS BASADO EN LOS SISTEMAS DE INSTRUMENTACIÓN INSTALADOS EN LAS CENTRALES DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD", que servirá para su titulación.

Atentamente,



**ING. ENRIQUE MENA SANDOVAL
SUBGERENTE**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO	3
1.1 La Comisión Federal de Electricidad	3
1.2 Ciclo de la electricidad en la CFE	4
1.3 Organigrama de la CFE	6
1.4 Importancia de la instrumentación	9
1.4.1 Principios Básicos	9
1.4.2 Necesidad de la instrumentación.	12
1.4.3 Sistema automatizado de instrumentación de presas	14
1.4.4 Instrumentación en la CFE	16
CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS DESARROLLADOS EN LA CFE	21
2.1 Instalación de Cableado Estructurado.	21
2.2 Sistema de Información de Seguridad de Estructuras (SISE)	21
2.3 Instalación y puesta en marcha del sistema de GPS's derivados de la Contingencia en el Río Grijalva, Chis.	22
2.4 Páginas WEB CTAR	25
2.5 Sistema de Gestión de Servicios Informáticos (SGSI).	29

CAPÍTULO 3 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS (SISE)	35
3.1 Antecedentes del proyecto	36
3.1.1 Lo que motivó a generar el proyecto.	36
3.1.2 Necesidades concretas a resolver, tanto internas como externas.	41
3.1.3 Los clientes directos del resultado del proyecto.	44
3.2 Restricciones.	45
3.3 Identificación de la problemática	48
3.4 Objetivos.	49
3.5 Análisis y metodología empleada.	50
3.5.1 Análisis FODA	50
3.5.2 Sustento teórico.	53
3.5.3 Cumplimiento de aspectos legales y éticos.	69
3.6 Innovación y novedad del proyecto	70
3.6.1 Limitaciones técnicas del estado actual	70
3.6.2 Avances que se lograron con el proyecto.	72
3.6.3 Grado de Innovación o novedad del proyecto.	74
3.6.4 Protección de la propiedad.	75
3.7 Planeación y gestión del proyecto	75
3.7.1 Fases, tareas y sus interacciones	75
3.8 Identificación de riesgos y puntos críticos.	85
3.8.1 Gestión de cambios, imprevistos y riesgos identificados	86
3.8.2 Estructura organizativa y de personal.	87
3.8.3 Control del programa de trabajo.	87

CAPÍTULO 4 RESULTADOS OBTENIDOS DEL SISE	91
4.1 Beneficios del Proyecto	91
4.2 Estimación de costos (inversiones).	96
4.2.1 Financiamiento.	96
4.2.2 Estandarización.	97
4.3 Plan de explotación de resultados	97
4.3.1 Identificación de un nuevo producto o proceso	97
4.3.2 Mercado potencial	99
4.3.3 Replicabilidad potencial.	99
4.3.4 Explotación económica	100
4.3.5 Inversión y financiamiento	100
CONCLUSIONES	103
GLOSARIO	107
REFERENCIA	111
ANEXO I	CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MÓDULOS DEL SISE
ANEXO II	INSTRUMENTOS INSTALADOS EN CENTRALES DE LA CFE
ANEXO II	INSTRUMENTACIÓN EN PRESAS (ESQUEMAS)

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En las diferentes áreas del ámbito profesional y laboral, la tendencia es la aplicación de la tecnología informática en todas las actividades que requieran el manejo masivo de información utilizando conocimientos en forma conjunta, empleando varias áreas de especialización para lograr un objetivo común, y agilizar las operaciones y procedimientos de un área del conocimiento específica.

En el presente trabajo expongo algunas de las actividades importantes de mi experiencia laboral dentro de la empresa Comisión Federal de Electricidad (CFE), en la cual laboro desde hace 27 años y que a partir de 1989 me permitieron poner en práctica los conocimientos adquiridos durante mi vida académica en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La principal tarea asignada en 1989 fue la de dar soporte técnico al equipo de cómputo de las Subgerencias de Seguridad de Estructuras y de Geotecnia y Materiales. Tiempo después se me asignó la labor de implementar la primera red de cableado estructurado de voz y datos en el Centro de Trabajo al que pertenezco. Poco a poco me fueron delegando funciones y responsabilidades mayores; solicitando el desarrollo de distintas aplicaciones básicas y especializadas.

Actualmente coordino el Área de Informática del Centro de Trabajo Augusto Rodin que comprende las Subgerencias de Seguridad de Estructuras, de Geotecnia y Materiales, Departamento Administrativo, Departamento de Geomática y Departamento de Sismotectónica, pertenecientes a la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE.

Este trabajo está dividido en cuatro capítulos, con la finalidad de dar una explicación más clara de la experiencia que he adquirido en estos años en CFE.

En el primer capítulo describo generalidades de la Comisión Federal de Electricidad, su organigrama y dónde me encuentro en él, y una breve introducción a la importancia de la instrumentación de las presas para la generación de la energía eléctrica, que es la base del área a la que pertenezco y parte fundamental de algunos de los trabajos que he desarrollado.

En el segundo capítulo, menciono los sistemas en los que he participado, así como los proyectos en los que tuve la oportunidad de coordinar y que considero han sido importantes para diversas áreas de la CFE a nivel nacional y que hasta la fecha se siguen utilizando.

El tercer capítulo se centra en el proyecto de “Sistema de Información de Seguridad de Estructuras (SISE), basado en los sistemas de instrumentación instalados en las centrales de generación de energía eléctrica de la Comisión Federal de Electricidad”.

El cuarto capítulo muestra los resultados del proyecto SISE, haciendo énfasis en los beneficios que se obtuvieron y el ahorro que se logró en CFE.

Finalmente se mencionarán las conclusiones, informando sobre los aspectos importantes obtenidos con el uso del SISE.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

1.1 La Comisión Federal de Electricidad

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) es una empresa del gobierno mexicano que genera, transmite, distribuye y comercializa energía eléctrica para más de 35.3 millones de clientes al mes de octubre de 2010, lo que representa a más de 100 millones de habitantes, e incorpora anualmente más de un millón de clientes nuevos.

La infraestructura para generar la energía eléctrica está compuesta por 209 centrales generadoras, con una capacidad instalada de 52,515 megawatts (MW).

El 22.67% de la capacidad instalada corresponde a 22 centrales construidas con capital privado por los Productores Independientes de Energía (PIE).

La CFE produce energía eléctrica utilizando diversas tecnologías y diferentes fuentes de energético primario. Tiene centrales termoeléctricas, hidroeléctricas, carboeléctricas, geotermoeléctricas, eoloeléctricas y una nucleoeléctrica.

Para conducir la electricidad desde las centrales de generación hasta el domicilio de cada uno de sus clientes, la CFE tiene más de 756 mil kilómetros de líneas de transmisión y de distribución.

Al cierre de 2010, el suministro de energía eléctrica llegó a más de 190 mil localidades (190,732 rurales y 3,667 urbanas) y el 97.60% de la población utiliza la electricidad.

En los últimos diez años se han instalado 42 mil módulos solares en pequeñas comunidades muy alejadas de los grandes centros de población. Esta será la tecnología de mayor aplicación en el futuro para aquellas comunidades que aún no cuentan con electricidad.

En cuanto al volumen de ventas totales, 99% lo constituyen las ventas directas al público y el 1% restante se exporta.

Si bien el sector doméstico agrupa 88.39% de los clientes, sus ventas representan 25.82% del total de ventas al público. Una situación inversa ocurre en el sector industrial, donde menos de 1% de los clientes representa más de la mitad de las ventas.

La CFE es también la entidad del gobierno federal encargada de la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, la cual está plasmada en el Programa de Obras e Inversiones del Sector Eléctrico (POISE), que describe la evolución del mercado eléctrico, así como la expansión de la capacidad de generación y transmisión para satisfacer la demanda en los próximos diez años, y se actualiza anualmente.

El compromiso de la empresa es ofrecer servicios de excelencia, garantizando altos índices de calidad en todos sus procesos, al nivel de las mejores empresas eléctricas del mundo.

CFE es un organismo público descentralizado, con personalidad jurídica y patrimonio propio.

1.2 Ciclo de la electricidad en la CFE

La CFE cuenta con una planeación para el logro de sus objetivos y metas de corto, mediano y largo plazos, en correspondencia con las oportunidades y amenazas que ofrece el entorno, aprovechando las mejores opciones de inversión y producción de energía que permitan satisfacer la demanda presente y futura de electricidad a costo global mínimo y con un nivel adecuado de confiabilidad y calidad (Figura 1.1).

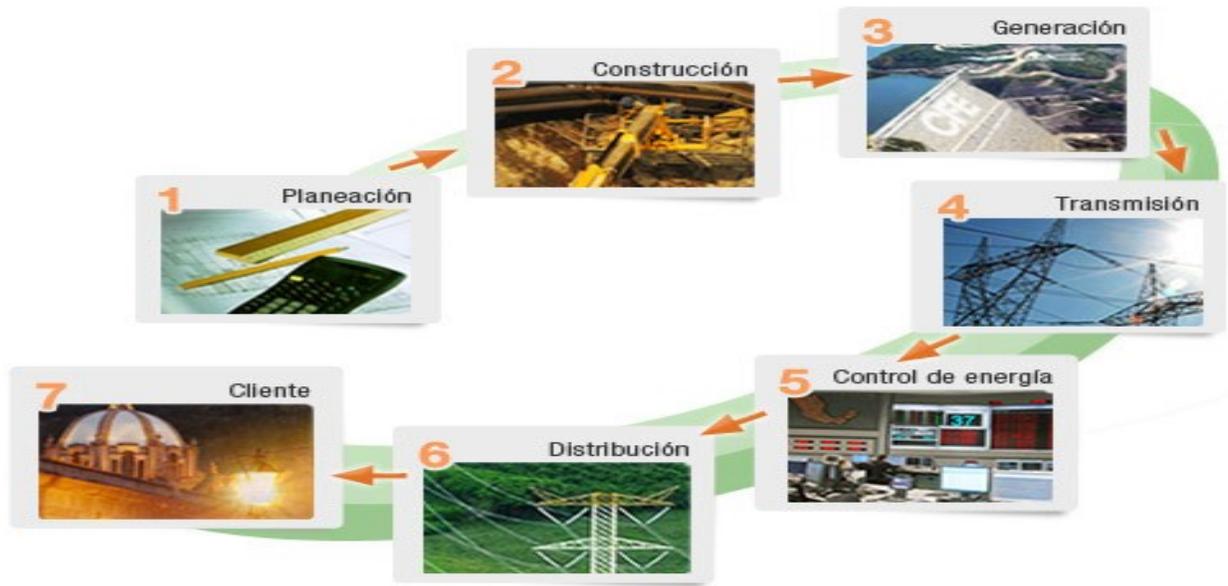


Fig. 1.1 Ciclo de la electricidad en CFE

Para contar con la energía eléctrica necesaria para el crecimiento y desarrollo del país, la Comisión Federal de Electricidad construye centrales generadoras, líneas y subestaciones que producen, transmiten, transforman y distribuyen la energía eléctrica a lo largo del país.

La generación de energía eléctrica requerida por la población, la industria, la agricultura, y los servicios, se realiza con diferentes tipos de centrales, dependiendo de la generación de que se trate, ya sea termoeléctrica, hidroeléctrica, turbogas, geotérmica, nuclear, carboeléctrica y eoloeléctrica.

Para conducir la electricidad desde las plantas de generación hasta los consumidores finales, CFE cuenta con redes eléctricas de transmisión y de distribución de alta, media y baja tensión.

A través del Centro Nacional de Control de Energía se optimiza la infraestructura física, equilibrando la demanda que requieren los consumidores finales en condiciones de cantidad, calidad y precio.

Para que la luz llegue a los hogares y sectores de la economía, CFE cuenta con una red de líneas y subestaciones de distribución lo que, aunado a diferentes medios de atención electrónica altamente eficientes, permite ofrecer una atención orientada a la satisfacción del cliente, con criterios de competitividad y sustentabilidad.

1.3 Organigrama de la CFE

El organigrama en donde está posicionada en la CFE la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC), a la cual pertenezco, se muestra en la figura 1.2.

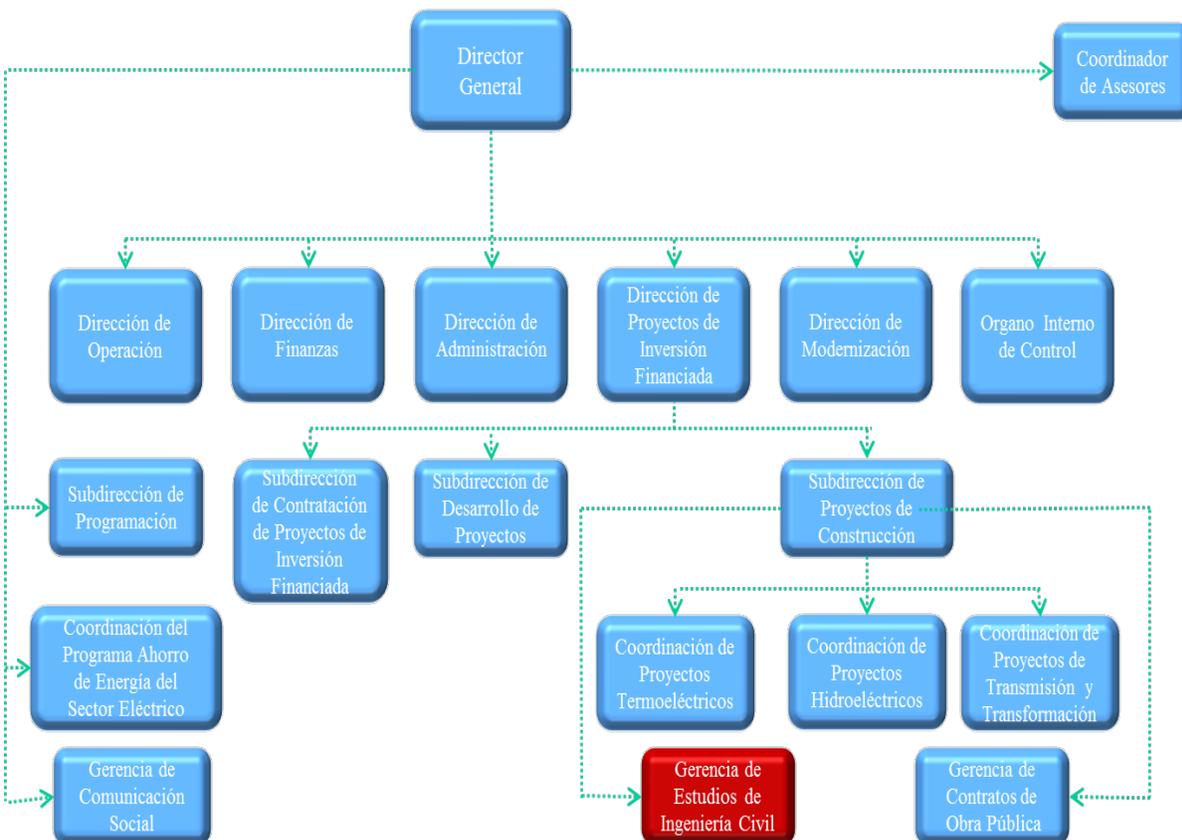


Fig. 1.2 Organigrama de la Comisión Federal de Electricidad

En la figura 1.3 muestro la estructura organizacional de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC), así como las áreas a las que doy soporte informático (flechas).



Fig. 1.3 Estructura organizacional de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil

La GEIC está integrada por poco más de 500 especialistas en 22 disciplinas, relacionadas principalmente con las Ciencias de la Tierra y la Ingeniería Civil. (Figura 1.4)



Fig. 1.4 Disciplinas y líneas de negocio que conforman a la GEIC

La GEIC proporciona servicios especializados y soluciones integrales a quienes diseñan, construyen y operan obras de ingeniería, todo ello a través del conocimiento y experiencia de su personal.

Hasta 1995 la GEIC daba respaldo con servicios de ingeniería sólo a CFE y la mayor parte de ese respaldo era para la Subdirección de Construcción, principalmente estudios para proyectos hidroeléctricos; sin embargo, la reducción de la tasa de construcción de las centrales hidroeléctricas impulsó a la GEIC a buscar nuevos mercados de trabajo, inclusive fuera de la CFE.

1.4 Importancia de la instrumentación

1.4.1 Principios Básicos

La seguridad es uno de los aspectos más importantes que deben ser considerados de manera permanente en la realización de cualquier actividad, es por ello que en el campo de las estructuras este aspecto es de vital importancia ya que se involucran vidas humanas y bienes materiales

La instrumentación es la técnica que proporciona al ingeniero la información cuantitativa y cualitativa que le permite adecuar y balancear los diseños geotécnicos de manera racional, obteniendo seguridad y eficiencia en la construcción de una estructura. Los principales elementos son:

- Sensor
- Medio de conducción de la señal
- Pantalla de lectura / registrador

Los instrumentos pueden operar de forma mecánica, óptica o eléctricamente o mediante principios neumáticos o mecánicos. Algunos instrumentos son capaces de dar una respuesta instantánea; otros necesitan un cierto tiempo para obtener las lecturas. Algunos dispositivos están diseñados para operación continua, mientras que otros sólo producen lecturas periódicamente. Los instrumentos pueden ser fijos o móviles y pueden proporcionar lecturas en un punto, a lo largo de una línea o eje, o dentro de un área específica.

Algunos instrumentos se leen a control remoto, para otros se requiere acceso a sus sensores o cerca de éstos. La señal se puede transmitir por barra, alambre, columna líquida, cable eléctrico, haz de luz o de láser, línea de visualización, o señal de radio. El registro de los datos puede ser manual, en registrador gráfico, en registrador de

película, impresora digital, o en registrador magnético, y en algunos casos, se puede transmitir directamente para almacenarse en computadora.

La instrumentación sirve para proporcionar datos que ayuden a evaluar la seguridad de una estructura mediante la obtención de datos cuantitativos acerca de su comportamiento, así como detectar problemas en una etapa temprana y previsible. Una finalidad secundaria es la de proporcionar datos que permitan la comparación entre el comportamiento real y el esperado. Esto se hace con el fin de verificar la idoneidad del diseño y para proporcionar información útil para refinar el diseño de estructuras similares que todavía estén en etapa de proyecto.

"La instrumentación de una presa proporciona datos para determinar si la estructura terminada está funcionando como se esperaba así como un monitoreo continuo de la estructura que permita advertir sobre cualquier situación que pudiera poner en riesgo su seguridad." (ICOLD, 1969.)

La instrumentación efectiva, el monitoreo adecuado, y la evaluación oportuna son herramientas muy valiosas para determinar el comportamiento de una presa. Entre las razones específicas para la instrumentación están las siguientes: *demostrar que el comportamiento es el esperado, advertir sobre problemas, definir y analizar el problema, y evaluar las medidas correctivas*. Veamos con más detalle cada una de estas funciones:

➤ ***Para demostrar que el comportamiento es el esperado***

La información obtenida de la instrumentación colocada en las presas es muy valiosa debido a que evidencia que un cierto aspecto se está comportando de acuerdo al diseño. Esta información sirve para verificar las hipótesis de diseño. Además, a pesar de que un problema puede parecer que existe o que está en proceso, las lecturas de la instrumentación pueden indicar que una deficiencia (por

ejemplo, un aumento en las filtraciones) es normal (simplemente como resultado de un nivel más alto del embalse), y era de esperarse de acuerdo con el diseño de la presa.

➤ ***Para alertar sobre un problema***

Con frecuencia los datos de la instrumentación pueden detectar cambios o tendencias inusuales (tales como fluctuaciones en las presiones hidrostáticas) que no son visibles. En otros casos, los cambios progresivos graduales (por ejemplo, un aumento en el gasto de filtraciones inicialmente bajo) que pudieran pasar inadvertidos visualmente se pueden detectar mediante el monitoreo con periodicidad regular. Con este monitoreo se puede alertar sobre el desarrollo de un problema grave.

➤ ***Para analizar y definir un problema***

Los datos de la instrumentación se usan frecuentemente para proporcionar información técnica necesaria para analizar y definir la amplitud del problema. Por ejemplo, el movimiento hacia aguas abajo de una presa debido a una alta presión hidrostática transmitida por el agua del embalse debe analizarse para determinar si el movimiento se distribuye uniformemente a lo largo de la presa, si el movimiento es de la presa misma, de la cimentación o de ambos, y si el movimiento está aumentando, disminuyendo o permanece constante. Dicha información se podrá entonces usar para desarrollar las medidas correctivas apropiadas.

➤ ***Para evaluar las medidas correctivas***

Muchas presas, sobre todos las más antiguas, se modifican para dar cabida a un cambio en su operación, para aumentar la capacidad del embalse, o para corregir una deficiencia. Las lecturas de instrumentos tomadas antes y después de los cambios permiten el análisis y la evaluación del comportamiento de las estructuras modificadas.

1.4.2 Necesidad de la instrumentación.

Cada estructura hecha por el hombre crea ciertos riesgos. Las presas no son la excepción. La mayoría de las fallas en las estructuras artificiales que han ocurrido se pudieron haber evitado si se hubiera inspeccionado, monitoreado y analizado continuamente el comportamiento de la estructura, y si se hubieran tomado las medidas correctivas adecuadas de manera oportuna.

Cada presa representa una situación única e implica una solución individual para fines de determinar los requisitos de su instrumentación.

La instrumentación efectiva y apropiada puede jugar un papel vital en la evaluación en proceso del comportamiento de la presa, puede proporcionar información valiosa acerca de su seguridad, y ayudar a mejorar el diseño de presas en el futuro.

Sin embargo, puede darse el caso de que instrumentos inadecuados o instalados en sitios equivocados proporcionen información no útil, confusa o incluso que distraigan la atención de los analistas, impidiendo detectar oportunamente anomalías que existan o se desarrollen en otras partes de la obra, por lo que se requiere establecer con claridad y visión los objetivos particulares de cada proyecto de instrumentación, por simple que parezca, para que el ingeniero especializado logre un buen diseño de la instrumentación.

Por lo tanto, el diseño de la instrumentación tiene una regla básica: "Todo instrumento debe ser seleccionado e instalado para responder a una incógnita específica, si no hay incógnitas, no debería haber instrumentación"; así podemos decir que: "La instrumentación es una combinación de filosofía, conocimientos y actividades, que requiere de perspicacia, experiencia, aparatos y técnicas de medición, para obtener información cualitativa o cuantitativa necesaria para evaluar la seguridad de una estructura o resolver un problema geotécnico".

Un monitoreo adecuado es imperativo para evaluar el comportamiento de una presa. La frecuencia de monitoreo depende de los requisitos reglamentarios aplicables y de otros factores, entre ellos los siguientes:

- Riesgos humanos y materiales representados por la presa.
- Altura o tamaño de la presa.
- Volumen de agua almacenado por la presa.
- Riesgo sísmico en el sitio.
- Antigüedad o condición de la presa.
- Frecuencia y cantidad de fluctuaciones del nivel del agua en el embalse.
- Historia de problemas o de comportamiento anormal.

En términos generales, a medida que cada uno de los factores anteriores crece, la frecuencia de monitoreo también aumenta. Por ejemplo, se deberían tomar más lecturas durante y después de niveles del agua más altos de lo normal y después de tormentas y temblores importantes. Usando los criterios anteriores y aplicando los requisitos reglamentarios precedentes, los ingenieros experimentados y calificados establecen programas específicos de lecturas.

Para validar la información obtenida, los instrumentos deben ser calibrados y tener un programa adecuado de mantenimiento. El buen cuidado del equipo es absolutamente esencial para asegurar lecturas precisas. Las lecturas imprecisas son peores que no tener ninguna lectura porque pueden confundir a las personas acerca del comportamiento de una presa y pueden dar lugar a que se presenten problemas que pasen inadvertidos.

1.4.3 Sistema automatizado de instrumentación de presas

La necesidad de obtener los datos de las mediciones de las estructuras de manera confiable y oportuna, y dado el crecimiento tecnológico en la electrónica, en las comunicaciones y en la computación, algunos países, principalmente europeos, han desarrollado e implementado sistemas automatizados de instrumentación para grandes presas. Estos sistemas concentran las señales de todos los instrumentos instalados en la presa mediante estaciones inteligentes de medición que operan con programas autónomos, almacenando los datos en forma digital y pueden ser interrogados remotamente desde computadoras centrales.

Las ventajas más importantes que se tienen cuando se cuenta con un sistema que proporciona mediciones automatizadas son:

- Facilidad para realizar las mediciones en sitios de difícil acceso, ya que es posible ordenar la medición desde un lugar remoto
- Poder llevar a cabo las mediciones en tiempo real en forma parcial o total de los instrumentos instalados, cuando así se requiera por eventos extraordinarios, como son los terremotos, vaciados o llenados rápidos del embalse, etc
- Mejora en la calidad de las mediciones:
 - por la rapidez de realización de las mediciones
 - por la selección del mejor momento para realizarlas
 - por la eliminación de los errores humanos en la lectura
 - permite la confirmación rápida de una medición anormal
 - permite medir repetidamente un sensor aislado
- Aumento importante de la oportunidad para la disposición de los resultados de las mediciones para su análisis

- Mejora global de la vigilancia de las obras
 - inspecciones visuales más minuciosas y dirigidas.
 - revalorización del trabajo (eliminación de operaciones fastidiosas y consumidoras de tiempo)

El desarrollo de sistemas automatizados de instrumentación para conocer el comportamiento estructural y geotécnico de las presas es cada vez más intenso ya que constituye un medio práctico y efectivo para recolectar, transmitir, almacenar, procesar, evaluar y reportar, de manera confiable y oportuna, los resultados de las mediciones.

Los sistemas automatizados de instrumentación, entre los cuales se puede incluir la adquisición remota de datos y/o el procesamiento automatizado de los datos, constituyen un aspecto de creciente importancia en muchos programas de instrumentación de presas. Estos sistemas automatizados ofrecen ciertos beneficios, entre ellos los siguientes: menores necesidades de personal y de horas-hombre, mejor capacidad de monitoreo en áreas físicamente o estacionalmente inaccesibles, y capacidad de monitoreo más frecuente para áreas problemáticas o críticas.

Sin embargo, los sistemas automatizados de instrumentación son generalmente bastante costosos y se deberán llevar a cabo análisis de costo-beneficio específicos para cada sitio a fin de poder determinar si ellos son recomendables. Los sistemas automatizados generalmente requieren de un mantenimiento frecuente y de reparaciones hechas por personal altamente calificado. Algo muy importante que debe recordarse es que sin importar qué tan completo o complicado pudiera ser un sistema automatizado de instrumentación, nunca podrá sustituir al monitoreo real en el sitio y a la inspección por parte de especialistas.

1.4.4 Instrumentación en la CFE

La mayoría de los incidentes graves en presas han ocurrido después de una falla previa. Tales fallas son generalmente procesos complejos que se desarrollan en función del tiempo, emitiendo por adelantado señales de advertencia que pueden detectarse y corregirse, si se hace a tiempo, para evitar la falla o al menos poner en marcha las estrategias previstas de antemano en caso de emergencia para minimizar las pérdidas, principalmente de vidas humanas. También se ha publicado que el 50 % de las fallas de presas ha ocurrido durante el primer llenado, por lo que es de particular importancia contar con un sistema de vigilancia y control adecuado, tanto durante esta etapa crítica como a largo plazo.

Es por ello que se ha aceptado como práctica usual en todo el mundo que la instrumentación forme parte del proceso constructivo de una presa. Los objetivos generales de la instrumentación de acuerdo con la Comisión Internacional de Grandes Presas (ICOLD) que es un organismo internacional cuyo objetivo es proveer un foro para el intercambio de conocimientos y experiencias en ingeniería de presas, son:

- Conocer el comportamiento de las obras bajo las condiciones de carga normales o extraordinarias (sismos, avenidas, tormentas), con el fin de evaluar su seguridad.
- Detectar oportunamente problemas o deficiencias en el comportamiento de estructuras térreas y cimentaciones, tanto durante la construcción como en su operación, para corregirlas oportunamente.
- Obtener conocimientos que permitan mejorar el estado del arte en diseño y construcción geotécnica, reduciendo costos sin demérito de la seguridad de las estructuras.

En México, a principios de la década de los sesentas, cuando la CFE inició la construcción de grandes centrales hidroeléctricas, se abocó a instrumentar las presas con aparatos proyectados y desarrollados en la misma institución. Pero el alcance de estas mediciones era limitado, se realizaban mediciones de asentamientos y desplazamientos en varias de ellas, así como determinaciones de presión de poro en sus núcleos. Ante este panorama, se proyectó la instrumentación de la presa El Infiernillo, construida en esa época, con el objetivo de determinar la magnitud y deformaciones debidas a los desplazamientos, así como la presión de poro en algunos puntos de la estructura. Se iniciaba de este modo, un programa que todavía permanece vigente para analizar el comportamiento de las presas basados en los resultados de la observación instrumental.

Por la importancia de estas estructuras, siempre es necesario tener conocimiento acerca de su estado estructural y operativo y mantenerlas en niveles de seguridad adecuados.

Un panorama general que describe el estado del arte y la operación actual de estas grandes presas es el siguiente:

- Todas las estructuras consideradas, sin excepción, cuentan con un sistema de monitoreo automático y manual a través de instrumentos de medición con diferentes aplicaciones, ubicados en puntos clave de las estructuras y de su entorno físico.
- Se clasifican en presas de concreto y de tierra y enrocamiento (materiales térreos).
- La antigüedad de algunas de estas obras rebasa los 40 años.
- Se realizan recorridos periódicos en las estructuras a cargo del personal residente y de los ingenieros experimentados que realizan visitas de inspección a

las obras, para la toma de lecturas de instrumentos y supervisar en forma general las condiciones de las estructuras.

- Ingenieros experimentados de CFE. Personal de CFE cuya pericia en materia de presas está respaldada por años de experiencia en varias y diferentes estructuras de este tipo.
- Personal residente compuesto por técnicos e ingenieros. Residentes enterados perfectamente del estado funcional y operativo de la obra que les corresponde. Su experiencia se limita al tiempo en que han permanecido en esa estructura en la mayoría de los casos.

Capítulo 2

DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS DESARROLLADOS EN LA CFE

Capítulo 2

DESCRIPCIÓN DE LOS PROYECTOS DESARROLLADOS EN LA CFE

Algunos de los trabajos más relevantes en los que he participado en la CFE son los siguientes:

2.1 Instalación de Cableado Estructurado.

En el Centro de Trabajo de la GEIC en donde me encontraba no contaba con ningún tipo de red de datos, en el año 1992 realicé las bases técnicas para dar a licitación la primera instalación en toda la Gerencia de cableado estructurado con backbone de Fibra Óptica; asimismo participé en la supervisión de los trabajos. De aquí en adelante fui responsable de las mejoras para el buen funcionamiento de las telecomunicaciones.

2.2 Sistema de Información de Seguridad de Estructuras (SISE)

El Sistema de Información de Seguridad de Estructuras (SISE) es un desarrollo informático que se realizó a través de convenios de colaboración para el desarrollo de ingeniería con el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), para salvaguardar la infraestructura civil de la CFE mediante la sistematización de los procesos de seguridad de estructuras avalados internacionalmente, y que mediante estas medidas se puedan minimizar los riesgos de alguna catástrofe que incluso podría ocasionar la pérdida de vidas humanas.

Este es uno de los proyectos más importantes en los que he participado como líder de proyecto en la parte informática y mis responsabilidades fueron las de dar seguimiento a las actividades que se acordaban en cada uno de los convenios que se firmaban con el IIE,

solucionar problemas técnicos en el momento de la implantación, administrar el servidor y la base de datos, así como capacitar a parte del personal en el uso de este sistema.

2.3 Instalación y puesta en marcha del sistema de GPS's derivados de la Contingencia en el Río Grijalva, Chis.

En diciembre de 2007, hubo un deslizamiento de tierra en el Río Juan de Grijalva (Chiapas) en donde la Comisión Federal de Electricidad participó en la solución de esta contingencia (figura 2.1). Dentro de las medidas que se tomaron fue la adquisición de un sistema de monitoreo por GPS (figura 2.2) para determinar los desplazamientos del terreno en tiempo real durante las excavaciones y restituir el tránsito del Río Grijalva .

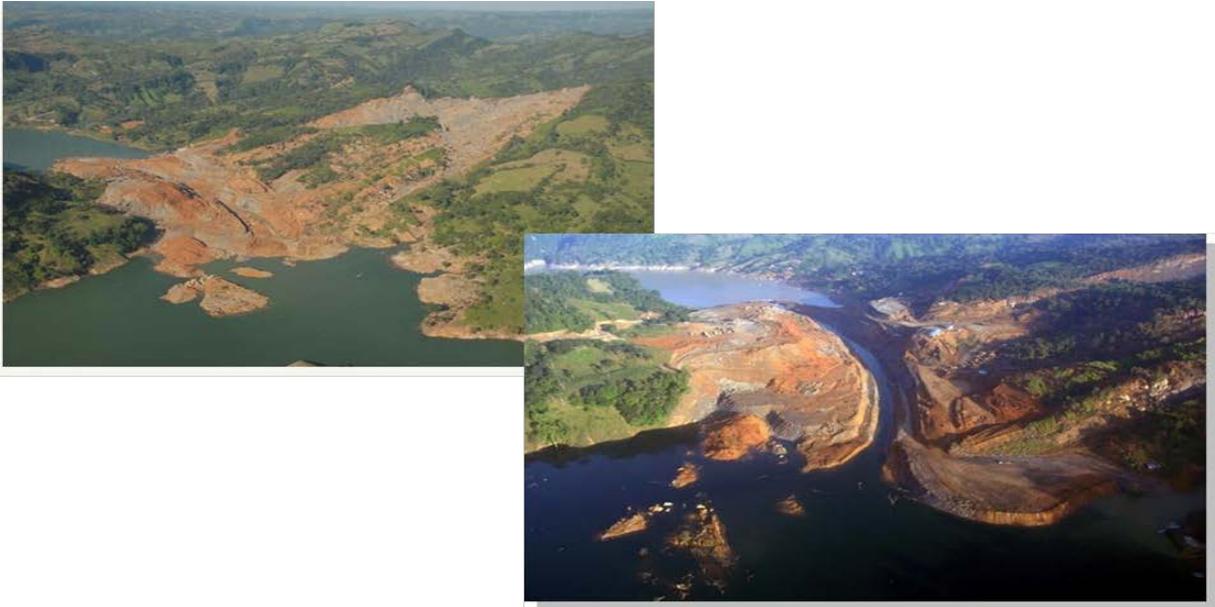


Fig. 2.1. Deslizamiento y reapertura del Río Grijalva en la Comunidad Juan de Grijalva, Chiapas, México

El sistema estuvo compuesto por 20 estaciones GPS que fueron instaladas por personal de CFE y del proveedor del sistema, en los sitios críticos sobre el deslizamiento del talud, abarcando un radio aproximado de dos km (figura 2.3). También se instaló una estación de adquisición de datos localizada en el campamento técnico, desde donde retransmitía la información vía satelital a las centrales hidroeléctricas Peñitas y Malpaso y a la Ciudad de México.



Fig. 2.2 Estaciones GPS utilizadas para el monitoreo en tiempo real.



Fig. 2.3 Instrumentación GPS en el Canal Juan del Grijalva.

Este sistema fue desarrollado para el monitoreo en tiempo real de masas de terreno en movimiento. (Figura 2.4).

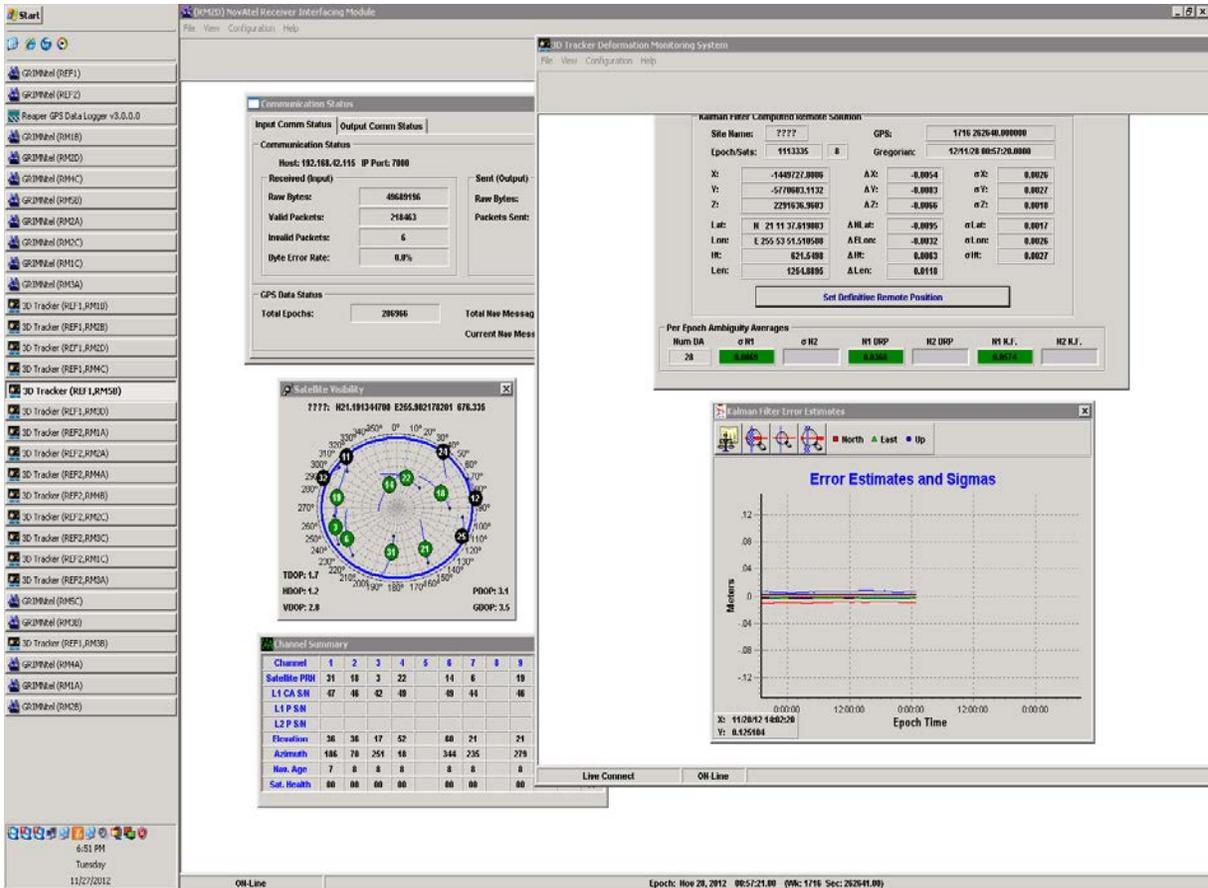


Fig. 2.4. Monitoreo en tiempo real de los GPS instalados en el Grijalva

Mi participación en este proyecto fue la de apoyar en la instalación de los equipos, configurar, junto con el proveedor, cada una de las estaciones en el software 3DTracker, dar soporte técnico remoto al personal que se encontraba en el sitio, y monitoreo del sistema. En este proyecto tuve la oportunidad de trabajar con ingenieros de diferentes disciplinas, cabe mencionar que por la pronta respuesta y solución que se le dio a este evento, la CFE fue acreedora a un reconocimiento Internacional otorgado por el Edison Electric Institute a través del Lic. Felipe Calderón Hinojosa, Presidente de la República Mexicana, en ese momento.

2.4 Páginas WEB CTAR

Proyecto desarrollado para la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil en donde el personal puede capturar y/o consultar, dependiendo del nivel de autorización de seguridad (Figura 2.5), la información relativa a los siguientes aspectos:

Auscultación.

Objetivo: Desarrollar las actividades correspondientes a los programas relativos a medición del sistema de instrumentación de cortina, medición del sistema de control altimétrico en centrales termoeléctricas, visitas de inspección a las estructuras, análisis de riesgos, conservación de acelerógrafos e instrumentos electrónicos, mantenimiento de la instrumentación, mantenimiento preventivo y correctivo de la instrumentación de la cortina y calibración.

Curso Sistemas de Auscultación.

Objetivo: Proporcionar a los ingenieros de la SSE-GEIC una herramienta para consultar el material didáctico del curso de sistemas de auscultación. Conocer, discutir, mejorar e innovar los procesos técnicos, compartir conocimientos, experiencias y técnicas, difundir, discutir e implantar las iniciativas y políticas de la alta dirección de la CFE, la GEIC y el área correspondiente, mejorar el clima laboral, promover y desarrollar el trabajo multidisciplinario.

Laboratorio de Metrología Gestión 17025.

Objetivo: Contar con la información generada por el mecanismo de medición y evaluación sobre el desempeño del sistema de gestión de competencia técnica de los laboratorios pertenecientes a la GEIC de forma accesible y rápida.

Túneles Grijalva.

Objetivo: Conocer los resultados obtenidos de la instrumentación hidráulica y geotécnica instalada en los túneles del Río Grijalva durante su etapa de operación.

La Yesca.

Objetivo: Información de la GEIC durante el primer llenado de embalse continuo.

Departamento de Sismotectónica.

Objetivo. Registrar los sismos ocurridos en la República Mexicana y que pudieran afectar la infraestructura de la CFE.

Con este sistema el personal de la CFE puede obtener fácilmente por medio de la Intranet, información para la supervisión de los trabajos de una manera más adecuada y oportuna. Fue desarrollado con HTML, PHP, Ajax, JavaScript, CSS3, y mi participación fue la de líder de proyecto y en la programación de HTML y PHP.



Fig. 2.5 Página principal Web CTAR

Las aplicaciones contenidas en las páginas son similares a la que se muestra en las figuras 2.6, 2.7, 2.8 y 2.9



Fig. 2.6 Página WEB CTAR Túneles Grijalva



Fig. 2.7 Páginas WEB CTAR Carga de documentos



OBJETIVO: DESARROLLAR LAS ACTIVIDADES CORRESPONDIENTES A LOS PROGRAMAS RELATIVOS A MEDICIÓN DEL SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN DE CORTINA, MEDICIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL ALTIMÉTRICO EN CENTRALES TERMOELÉCTRICAS, VISITAS DE INSPECCIÓN A LAS ESTRUCTURAS, ANÁLISIS DE RIESGOS, CONSERVACIÓN DE ACCELERÓGRAFOS E INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS, MANTENIMIENTO DE LA INSTRUMENTACIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO DE LA INSTRUMENTACIÓN DE LA CORTINA Y CALIBRACIÓN.

INICIO GRPC GRPO GRPSE GRPH GRPNO

AUSCULTACIÓN - INICIO - ACUERDOS FORMALIZADOS

Seleccione año

2010

2010

2011

2012

2010

2010-07-16

2010-07-16

2010-07-16

022--SUBGERENCIA REGIONAL DE GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA PENINSULAR (FIRMADO)

021--SUBGERENCIA REGIONAL DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA GOLFO (FIRMADO)

020--SUBGERENCIA REGIONAL DE GENERACIÓN NORESTE (FIRMADO)

Buscar:

Descripción

Fecha

Consulta

Borrar

Sesión

RPE: 19888

Nombre: YOLANDA SANCHEZ GARCIA

Área: INFORMATICA CTAR

Cerrar

Páginas de Interés

- CTAR
- TÚNELES GRUALVA
- LA YESCA PRIMER LLENADO
- CONTACTANOS
- ACERCA DE
- ORGANIGRAMA

Fig. 2.8 Páginas WEB CTAR Consulta y descarga de documentos



OBJETIVO: DAR A CONOCER LAS APLICACIONES WEB DESARROLLADAS PARA LAS ÁREAS DEL CENTRO DE TRABAJO AUGUSTO RODIN DE LA GEIC, Y ASÍ FACILITAR UNA MAYOR INTERACCIÓN ENTRE DICHAS ÁREAS.

SIMBOLIA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA PROYECTOS SERVICIOS CENTROS DE TRABAJO ORGANIGRAMA CONTACTO

Sesión

RPE: 19888

Nombre: YOLANDA SANCHEZ GARCIA

Área: INFORMATICA CTAR

Cerrar

Páginas de Interés

- SSN
- USGS
- CENAPRED
- IPN
- UNAM
- CIRES
- CICESE
- Clients
- Glosario
- CONTACTANOS
- ACERCA DE

Mapa Satélite

Texas

Louisiana

México (Mexico)

Guatemala

Guatemala

Sismo

Fecha: 2009-12-30

Hora: 22:40:37

Latitud: 16.8834

Longitud: -97.9561

Profundidad: 8

Magnitud: 4.1

27-Dic 27-Dic 27-Dic 28-Dic 28-Dic 28-Dic 29-Dic 30-Dic

02:01:47 15:40:08 22:51:42 01:58:10 05:11:59 10:58:43 14:06:23 22:40:37

Fig. 2.9 Página WEB del Departamento de Sismotectónica.

2.5 Sistema de Gestión de Servicios Informáticos (SGSI).

En este proyecto participé como líder de proyecto para la generación de un sistema Web (Figura 2.10), que nos permitiera contar con un inventario del parque informático (Figura 2.11) ayudar al usuario de una manera amigable a solicitar servicios informáticos (Figura 2.12 y 2.13) y dar seguimiento a éstos (Figura 2.14), así como cumplir con el Sistema de Gestión de Calidad Total que maneja la GEIC-CFE mediante la graficación de los indicadores que nos solicita. (Figura 2.15).

CFE

GEIC Ingeniería civil
y ciencias de la tierra

Iniciar Sesión

Usuario :

Contraseña :

Aceptar

SISTEMA DE GESTIÓN DE SERVICIOS INFORMÁTICOS

INFORMÁTICA
Centro de Trabajo Augusto Rodin

Fig. 2.10 Sistema de Gestión de Servicios Informáticos

The screenshot shows the 'Inventario' (Inventory) section of the CFE system. The main content is a table listing computer assets with the following columns: ID, Nombre, Estado, Fabricante, Número de serie, Tipo, Modelo, Sistema Operativo, Última modificación, Dirección IP, and Observaciones. The table contains 27 rows of data, including assets like 'ALEMAN VELASQUEZ JUAN DE DIOS', 'ALMAZAN NAVA RAMON', and 'ALVAREZ FRANCO SUSANA'.

ID	Nombre	Estado	Fabricante	Número de serie	Tipo	Modelo	Sistema Operativo	Última modificación	Dirección IP	Observaciones
1	ALEMAN VELASQUEZ JUAN DE DIOS	ACTIVO	LENOVO	MUPKLMF	PC TÉCNICA	THINKSTATION 77E3P7T-E30	WINDOWS 7	2012-10-31 09:12	10.46.246.205	
2	ALMAZAN NAVA RAMON	ACTIVO	DELL	9P1TV31	PC	OPTIPLEX G4270	WINDOWS 7	2012-11-12 09:13	10.46.241.158	
3	ALVAREZ FRANCO SUSANA	ACTIVO	DELL	BH1TV31	PC ADMINISTRATIVA	OPTIPLEX G4270	WINDOWS 7	2012-11-12 09:17	10.46.246.39	
4	ALVAREZ VILLEGAS ADRIE	ACTIVO	HP	8XJ8508TF	PC	DC5850MICROTOWER	WINDOWS 7	2012-11-21 10:12	10.46.12.49	
5	ALVAREZ BALBOGA GABRIEL	ACTIVO	DELL	G327091	PC	OPTIPLEX G420	WINDOWS 7	2012-11-12 09:25	10.46.241.67	
6	AMADOR MEZA ULISES L	ACTIVO	DELL	6JY7141	PC	OPTIPLEX G4270	WINDOWS 7	2012-11-05 12:32	10.46.246.33	
7	ANDRADE OCADZ ELISA	ACTIVO	LENOVO	MUFKMMI	PC TÉCNICA	THINKSTATION 77E3P7T-E30	WINDOWS 7	2012-08-23 20:30	10.46.242.22	
8	ARANA GARCIA SERVANDO	ACTIVO	TOSHIBA	33057979P	LAP-TOP	SATELLITE A20-6256	WINDOWS XP	2012-12-04 09:41	10.46.241.177	
9	ARANA GARCIA SERVANDO	ACTIVO	DELL	9FQV761	PC	OPTIPLEX G4280	WINDOWS 7	2012-12-12 10:43	10.46.241.156	
10	ARCHIEGA NARES MARIA DE LOS ANGELES	ACTIVO	DELL	D30W531	PC	OPTIPLEX G4270	WINDOWS 7	2012-12-12 11:41	10.46.241.146	
11	ARVEU LARA GUSTAVO	ACTIVO	LENOVO	MUFKALV	PC TÉCNICA	THINKSTATION 77E3P7T-E30	WINDOWS 7	2012-11-02 11:55	10.46.246.193	
12	AVILES GUTIERREZ REYES	ACTIVO	LENOVO	MUFKLCW	PC TÉCNICA	THINKSTATION 77E3P7T-E30	WINDOWS 7	2012-08-23 20:35	10.46.241.3	
13	BALL HADSEN DOMINGUEZ RITZELUDING	ACTIVO	LENOVO	MUFKCHA	PC TÉCNICA	THINKSTATION 77E3P7T-E30	WINDOWS 7	2012-08-28 20:36	10.46.241.174	
14	BARCELNA BRAMBILA AGUSTIN	ACTIVO	DELL	C49P961	PC	OPTIPLEX G4280	WINDOWS 7	2012-11-05 13:45	10.46.242.22	
15	BARROSO GALVAN MARIA SIBANALIFE	ACTIVO	LENOVO	MUFKCGE	PC TÉCNICA	THINKSTATION 77E3P7T-E30	WINDOWS 7	2012-10-10 09:50	10.46.12.30	
16	BARBON TOVAR FERNANDO	ACTIVO	LENOVO	MUFKARL	PC TÉCNICA	THINKSTATION 77E3P7T-E30	WINDOWS 7	2012-10-29 14:45	10.46.241.15	
17	BERNAL LUNA RAUL	ACTIVO	HP	MUJ8508Y1	PC	DC5850MICROTOWER	WINDOWS 7	2012-12-04		

Fig. 2.11 Inventario del parque informático.

The screenshot shows the 'Alta de un servicio' (Service Registration) form in the CFE system. The form is titled 'Describe el problema/acción:' and includes the following fields and options:

- Categoría:** A dropdown menu with a search icon.
- Urgencia:** A dropdown menu with 'Medio' selected.
- Problema en:** A dropdown menu with 'General' selected.
- O búsqueda completa:** A dropdown menu with 'General' selected.
- Título:** A text input field.
- Descripción:** A large text area for describing the issue.
- Archivo (800 MB máx):** A file upload button labeled 'Seleccionar archivo' with a note 'No se ha seleccionado ningún archivo'.
- Enviar mensaje:** A button to submit the service request.

Fig. 2.12 Alta de un servicio

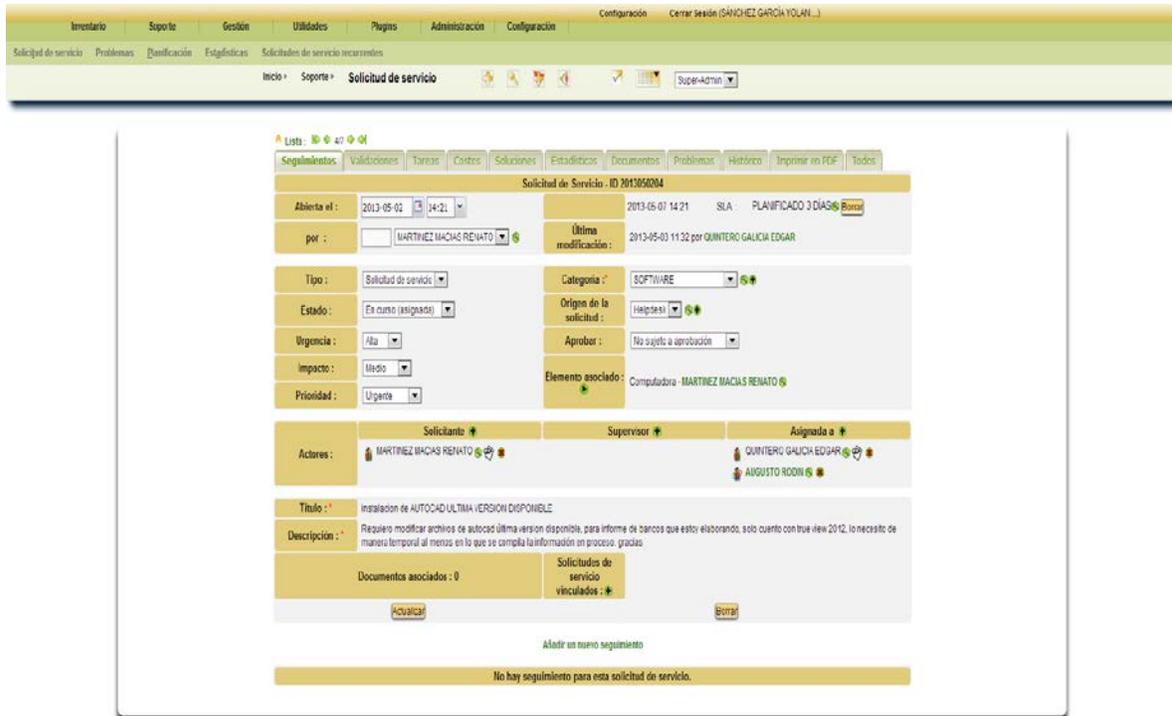


Fig. 2.13 Alta y asignación de un servicio informático

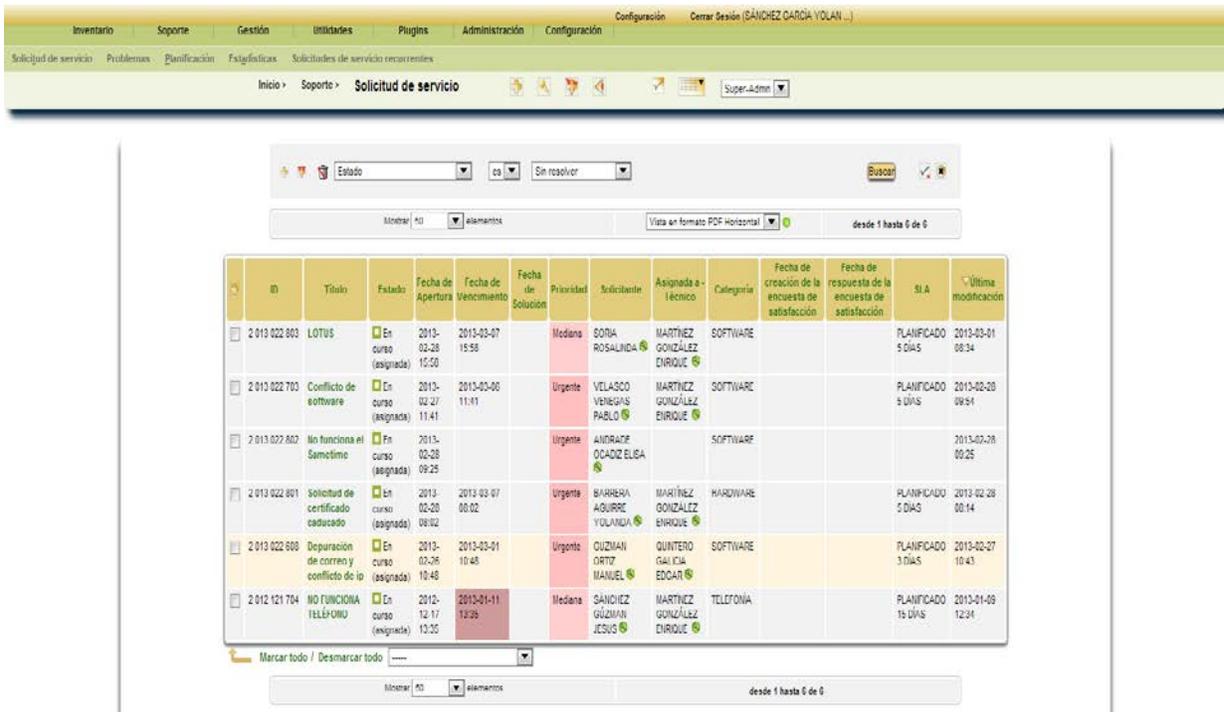


Fig. 2.14 Seguimiento de solicitudes de servicio

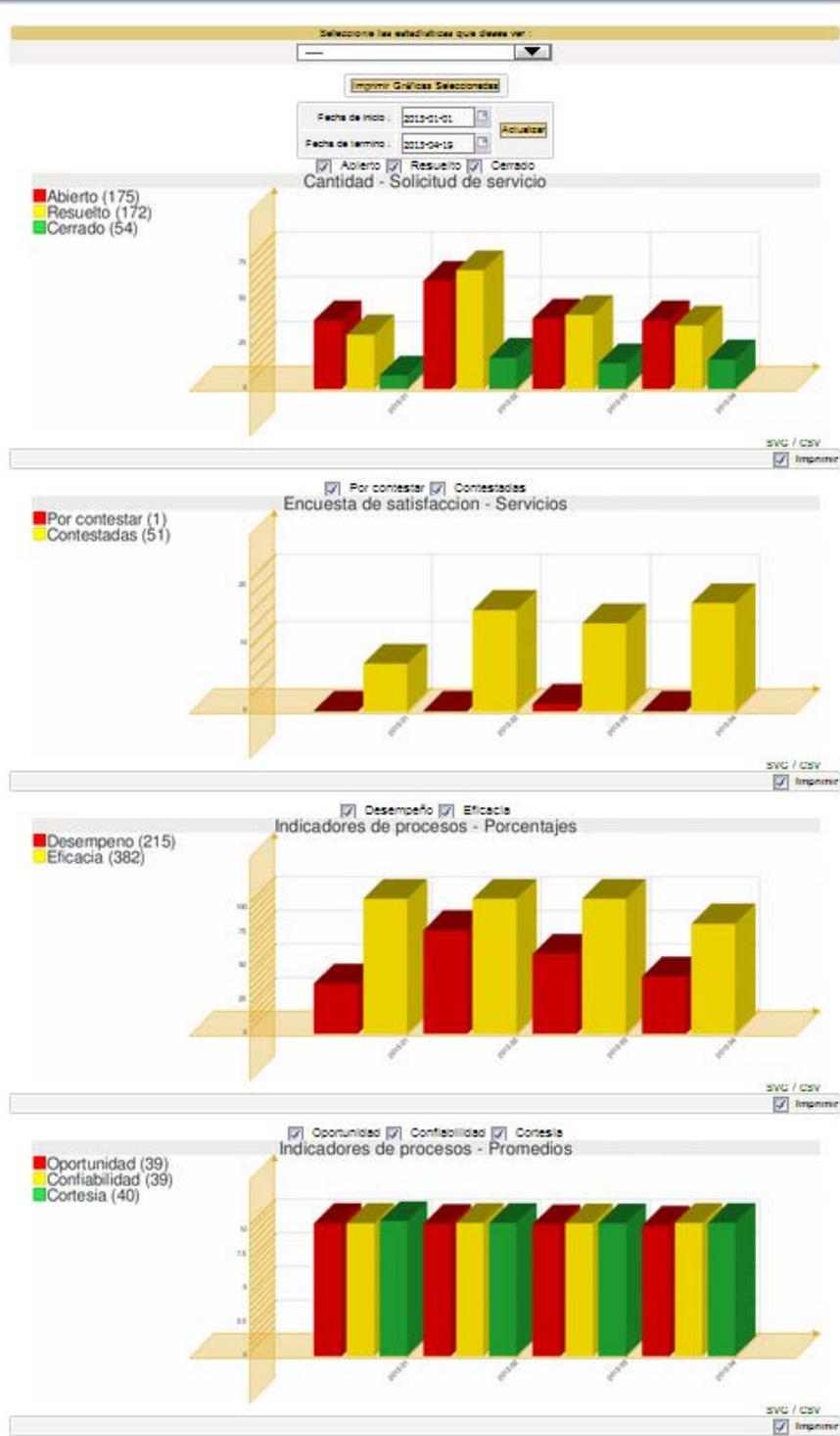


Fig. 2.15 Graficación de indicadores del Sistema de Control de Calidad de la GEIC

Capítulo 3

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS (SISE)

Capítulo 3

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INFORMACIÓN DE SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS (SISE)

El Sistema de Información de Seguridad de Estructuras (SISE) fue concebido para cubrir las necesidades de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil detectadas desde julio de 1995, en donde se pensaba en desarrollar un sistema de Información para revisar el comportamiento de grandes presas y estructuras especiales de la CFE (Figura 3.1)



Fig. 3.1. Carátula principal del proyecto SISE.

El diseño del sistema denominado SISE fue desarrollado por el Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE) en 1995 y concluyó el 31 de marzo de 2009. El proyecto SISE abarcó desde su concepción y hasta su desarrollo 14 años, en los cuales se firmaron 16 convenios de colaboración entre la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE y la Gerencia de Ingeniería Civil del IIE.

3.1 Antecedentes del proyecto

3.1.1 Lo que motivó a generar el proyecto.

Las fallas de grandes presas como Vajont (Italia), Malpasset (Francia), Saint Francis, Baldwin Hills y Teton (USA); han puesto de manifiesto los riesgos para la seguridad pública que conllevan la construcción de grandes centrales de generación; por lo que algunos países, incluido México, han legislado para obligar a los propietarios y operadores de presas a mantener una vigilancia y control permanente de sus estructuras para mantener los niveles de seguridad aceptados internacionalmente.

Las diferentes maneras en que una presa puede fallar son conocidas por los especialistas:

Las presas de gravedad se caracterizan por ser estables aún en cimentaciones sobre roca de pobre calidad; aunque si las condiciones de la cimentación no son adecuadas llegan a fallar como la presa San Francis. (Figuras 3.2 y 3.3)



Fig. 3.2. Pérdidas humanas por la falla de una Presa.



Fig. 3.3. Falla de la Presa San Francis

Las presas de arco fallan rápidamente cuando su cimentación falla, como en el caso de la presa Malpasset. (Figuras 3.4 y 3.5)

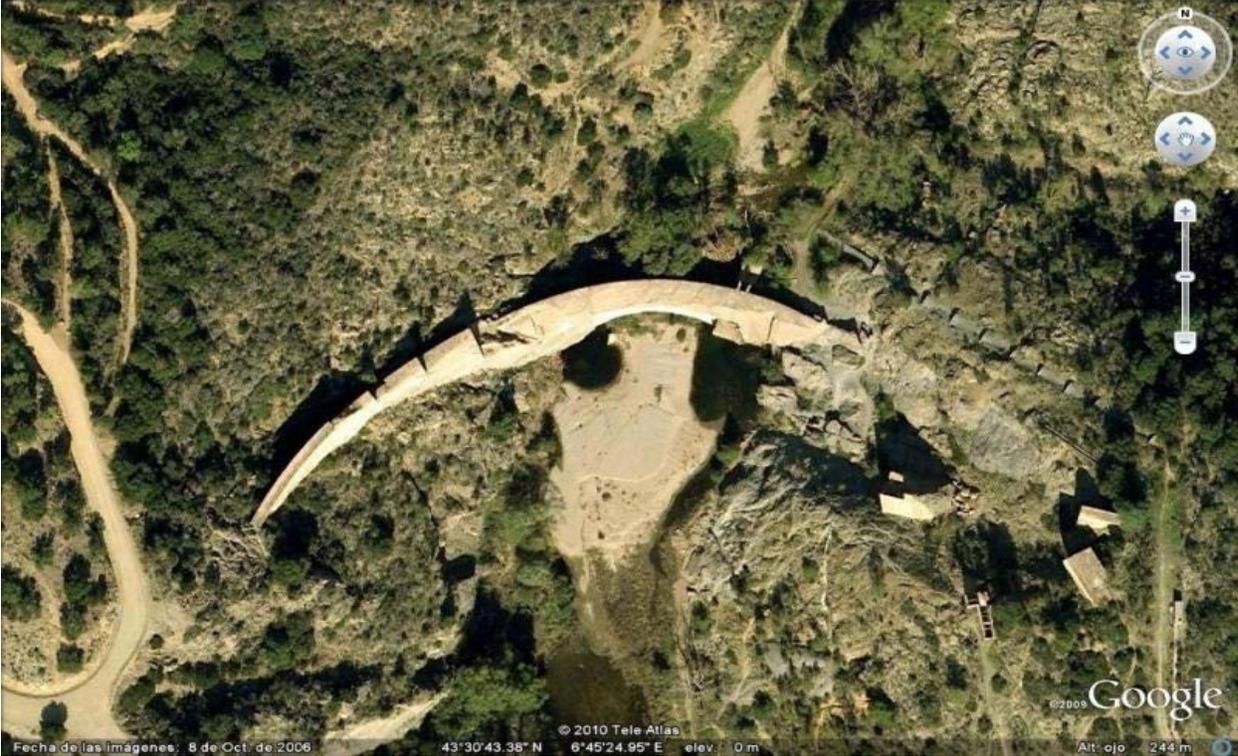


Fig. 3.4. Presa Mallpasett



Fig. 3.5. Presa Mallpasett antes y después de la falla

Las presas de losas y arcos múltiples, pueden fallar en secuencia, como una fila de fichas de dominó.

Las presas de tierra y enrocamiento tienden a fallar lentamente, pero son más susceptibles a la erosión interna y externa que las de concreto o mampostería. En el caso de la presa Teton, la falla se presentó en la etapa de primer llenado. (Figura 3.6)



Fig. 3.6. Falla de la Presa Teton

Las fallas en presas y sus estructuras auxiliares son procesos complejos que se desarrollan en función del tiempo, emitiendo señales de advertencia que pueden corregirse si se detectan y analizan oportunamente para evitar la falla o para poner en marcha los Planes de Acción de Emergencia.

Por ello es importante que la CFE cuente, mantenga y mejore un sistema de vigilancia y control adecuado de las presas y sus obras auxiliares en particular, además de las estructuras civiles en general, como canales, túneles, laderas, cimentaciones, etc.; durante sus etapas de construcción, primer llenado, operación y, de ser necesario, puesta fuera de servicio.

La implantación de un Sistema de Auscultación de Estructuras que permita el registro y la evaluación de deficiencias, es el medio adecuado para que el ingeniero especialista vigile el comportamiento de una estructura y evalúe su seguridad. Por ello se ha aceptado como práctica mundial que los Sistemas de Auscultación, basados en

mediciones instrumentales y resultados de inspecciones, formen parte del proceso constructivo y de la operación de las estructuras importantes.

La actividad de instrumentación en la CFE inició en los años sesentas con la construcción de las presas de tierra y enrocamiento Cupatitzio, Infiernillo y La Villita, (Figura 3.7) y de concreto Santa Rosa, El Novillo y La Soledad (Figura 3.8); y ha continuado hasta la fecha en que se tienen instrumentadas 21 grandes presas y sus estructuras auxiliares, 40 centrales termoeléctricas, cinco edificios corporativos y aproximadamente 20 km de canales hidráulicos. La medición e inspección continua de estas estructuras genera gran cantidad de datos que son necesarios capturar, verificar y procesar para elaborar los reportes de instrumentación e informes de comportamiento correspondientes.



Fig. 3.7 Presas de tierra y enrocamiento: Cupatitzio, Infiernillo y La Villita

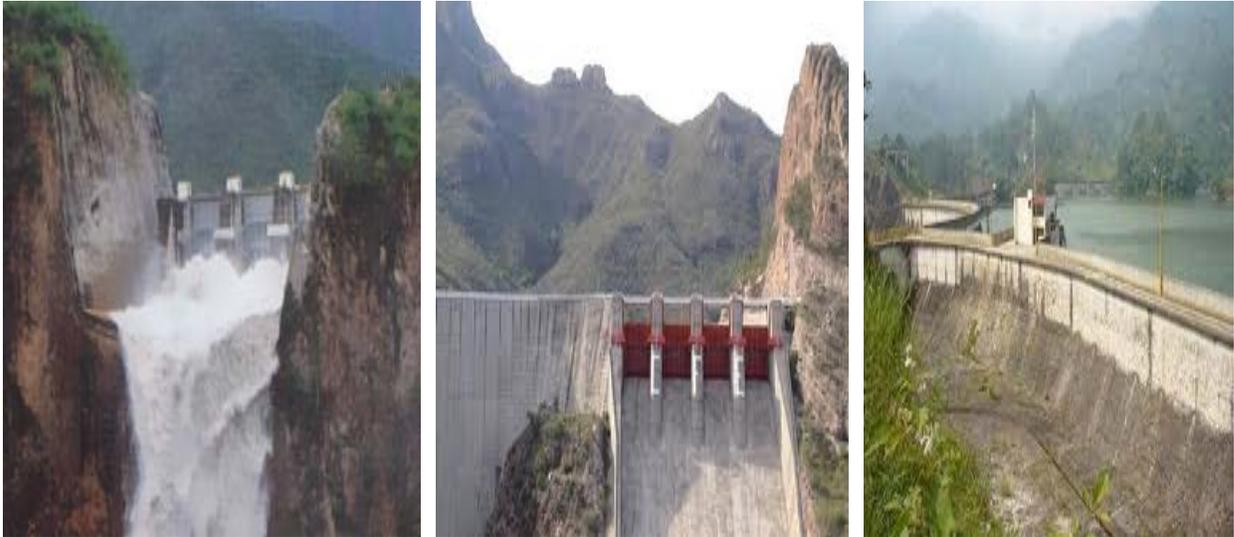


Fig. 3.8. Presas de concreto: Santa Rosa, El Novillo y La Soledad

Antes del desarrollo y la puesta en marcha del SISE, las actividades de captura y proceso de datos de mediciones, manejo, archivo y consulta de informes de inspección, planos, imágenes y documentos relevantes de cada estructura se realizaban manualmente y se almacenaba en archivos planos aislados.

3.1.2 Necesidades concretas a resolver, tanto internas como externas.

Los principales problemas detectados en los procesos de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras de la GEIC que dieron origen al proyecto SISE fueron:

- Proceso manual de datos de la instrumentación, tardado y tedioso, con mayores posibilidades de error en el cálculo.
- Retraso en el acceso a la información.
- Gran cantidad de archivos de datos y documentos.
- Crecimiento de la infraestructura eléctrica.
- Reducción de personal especializado.
- Incorporación de nuevos tipos de instrumentos.

Necesidades Internas

La CFE requería estandarizar el proceso de captura, verificación, cálculo, comparaciones y correlaciones de datos de la instrumentación geotécnica, topográfica, estructural y sísmica instalada en las estructuras civiles de las principales centrales de generación; incluyendo la presentación gráfica o numérica de los resultados, de manera confiable, amigable, flexible y rápida. Lo anterior contribuyó a disminuir los tiempos de proceso, mejorando la oportunidad; y redujo la probabilidad de error en los cálculos, incrementando la confiabilidad.

Preservar los datos e información relevantes de las estructuras y centrales de generación instrumentadas, mediante su captura y almacenamiento electrónico.

Necesidad de gestionar la información. Poner al alcance de los directivos y del personal técnico especializado información confiable para, en el caso de los primeros, tomar decisiones concernientes a la seguridad de las estructuras y, en los segundos, brindar los datos y herramientas necesarias para analizar el comportamiento estructural, evaluar su seguridad, y emitir las recomendaciones necesarias a los operadores responsables (clientes internos y externos).

Almacenar, organizar y manejar informes e información gráfica: planos, imágenes, diagramas, etc., de las estructuras civiles de CFE y clientes externos.

Administrar los diagnósticos, anomalías y el seguimiento en las obras civiles.

Manejar, gráfica y numéricamente, los acelerogramas obtenidos de la instrumentación sísmica.

En forma general, la CFE requería la información oportuna y confiable relativa a la seguridad de sus estructuras civiles, con el fin de:

- Optimizar las inversiones en mantenimiento y conservación civil de la infraestructura, y en materia de nuevas inversiones.
- Condiciones de seguro y reaseguro de sus instalaciones, disminuir el pago de primas de reaseguro.
- Solucionar cualquier anomalía potencial que impacte en la generación de energía o en el manejo del agua.
- Compartir datos con áreas de CFE para evaluar proyectos en construcción y diseñar nuevas estructuras.
- Cumplimiento de la legislación vigente (Ley de Aguas Nacionales y normatividad interna) y evidencia de buenas prácticas aceptadas internacionalmente en materia de seguridad de estructuras.
- Apoyo de especialistas en seguridad de estructuras para atender anomalías después de algún evento extraordinario: sismos, huracanes, inundaciones, accidentes, etc. El apoyo incluye: inspecciones, mediciones, análisis de los resultados, dictamen técnico y recomendaciones.
- Contar con evidencia documental y asesoría técnica para responder adecuadamente a demandas sociales o de particulares referente al comportamiento de las estructuras.

Necesidades externas

La comunidad de influencia de las centrales generadoras necesita saberse libre de riesgos a consecuencia de la operación de dichas centrales generadoras, eso incluye el mantener un programa de mantenimiento y adecuaciones a los puntos críticos que aseguren dicha condición.

3.1.3 Los clientes directos del resultado del proyecto.

Clientes internos

Personal técnico responsable de realizar mediciones instrumentales en las estructuras, los cuales verifican, capturan y grafican los datos obtenidos de las mediciones.

Técnicos especializados en proceso de datos, que validan y realizan cálculos para obtener las variables principales del comportamiento de las estructuras, los cuales se presentan en forma gráfica, tabular o numérica y se archivan ordenadamente para su consulta.

Ingenieros especializados que consultan información documental e instrumental de las estructuras para analizar su comportamiento, evaluar su seguridad y emitir recomendaciones.

Directivos responsables de la seguridad de estructuras que necesitan información confiable y oportuna del estado de las estructuras instrumentadas, para reportar a sus superiores y responder a cualquier situación de emergencia.

Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE que requiere conocer el estado de seguridad de la infraestructura a su cargo, para tomar decisiones con respecto a la asignación de recursos y a las políticas de operación de las centrales de generación.

Las Coordinaciones de Proyectos Hidroeléctricos y Termoeléctricos de la Subdirección de Proyectos y Construcción de la CFE requieren información del comportamiento de estructuras ya construidas para el diseño de proyectos actuales y futuros.

La Subdirección de Proyectos y Construcción de la CFE requiere información del comportamiento de estructuras, excavaciones, y laderas de sus proyectos en

construcción, con el fin de detectar anomalías que las afecten, proponer y evaluar las soluciones a comportamientos anómalos, y mantener la seguridad de la obra y sus trabajadores. También es información valiosa para la discusión del proyecto en construcción, y la validación de la metodología constructiva y de las propiedades de los materiales empleados.

La Unidad de Servicios Generales y Administrativos (USGA) de la CFE que requiere la evaluación estructural de los edificios a su cargo, tanto para trabajos de conservación como de ampliación o mejora.

Clientes externos

Personal directivo e ingenieros especializados del Consultivo Técnico de la CONAGUA, que solicitan información del comportamiento de las presas a su cargo para vigilar su comportamiento y emitir recomendaciones para prevenir o corregir anomalías.

Operadores de presas de la CONAGUA y particulares que requieren información para la toma de decisiones concernientes a la operación y mantenimiento de las estructuras bajo su responsabilidad.

Residencias de obra y supervisores que necesiten información del comportamiento de estructuras en construcción o en operación, para discutir el método y efectividad del procedimiento constructivo, el mantenimiento y las reparaciones que sean necesarias.

3.2 Restricciones.

Principales restricciones que se tuvieron en el desarrollo del proyecto SISE:

Software institucional. En el momento de la implementación la Gerencia de Informática y Telecomunicaciones (GIT), como organismo responsable de establecer

las políticas de uso de software, hardware y telecomunicaciones de la CFE, dispuso que el software institucional para manejo de bases de datos sería Informix. Esto obligó al equipo desarrollador a adaptarse y capacitarse para la utilización de la herramienta de desarrollo.

Comunicación entre especialistas de áreas diversas. El desarrollo de un sistema como el SISE requirió de la intervención de especialistas en diferentes áreas: sistemas, programación, graficación, instrumentación, electrónica y telecomunicaciones, geotecnia, sísmica y estructuras.

Recursos económicos escasos y limitados. Se tuvo la limitación de recursos económicos, por lo que sólo se pudo financiar con una cantidad por año, lo que implicó 16 etapas de desarrollo e implementación del SISE a lo largo de 14 años. No obstante, gracias a las aportaciones de la CFE al IIE se contó con los recursos para cumplir cada etapa. Adicionalmente, los directivos de la GEIC apoyaron con recursos económicos y humanos necesarios para mantener el desarrollo del proyecto ininterrumpidamente.

Disponibilidad limitada de los usuarios expertos. Las responsabilidades cotidianas del personal especializado provocaron que, en algunos casos, se tuvieran disponibilidad limitada para realizar la transferencia de su conocimiento al desarrollo del SISE.

Variedad de equipo de cómputo y de telecomunicaciones existente en la SSE. Esta restricción obligó a los desarrolladores a buscar soluciones informáticas no únicas, sino con variantes para adaptarse a la variedad de sistemas operativos y equipo de cómputo existentes durante toda la etapa de desarrollo e implantación del SISE.

Resistencia al cambio por parte de los usuarios. Parte de la naturaleza humana y de las organizaciones es la dificultad para adaptarse a los cambios. Esta restricción se

superó gracias al diálogo directo de los desarrolladores con los usuarios, a los cursos de capacitación durante cada una de las etapas del proyecto, y al esfuerzo del personal para adoptar nuevos métodos de trabajo. La implementación de una nueva herramienta tecnológica involucra una labor de comunicación y convencimiento constante, acerca de los alcances, limitaciones y beneficios del sistema.

El proyecto SISE es un sistema de información integral que contiene un conjunto de funciones que permite a los usuarios:

- Manejar un catálogo de obras, con información que incluye documentos descriptivos, imágenes, datos, planos e informes de inspección y comportamiento de las estructuras.
- Disponer de la información que generan los instrumentos de medición desde el momento que fueron instalados. El sistema maneja un catálogo de diversos tipos de instrumentos diferentes y el número de instrumentos instalados varía desde 30 hasta más de mil, dependiendo del tipo, tamaño e importancia de la obra.
- Manejar la información resultante de las inspecciones a las obras. Estas inspecciones están clasificadas en tres niveles: cotidiana, programada y especializada.
- Generar diagnósticos acerca del comportamiento estructural de las obras.
- Llevar un programa de seguimiento para las anomalías detectadas como resultado de los diagnósticos estructurales.
- Generar gráficas complejas que ayuden eficazmente al ingeniero en la tarea de entender mejor el comportamiento de las estructuras desde el inicio de sus operaciones.

- Dar seguimiento al proceso de elaboración, revisión y aprobación de informes de inspección, comportamiento y evaluación de la seguridad de las estructuras de CFE y clientes externos.

La base de datos del SISE almacena y maneja información variada y heterogénea, desde un dato simple como un entero, hasta documentos e informes de varias cuartillas, planos y fotografías. Estos datos son tratados como entidades básicas de consulta, lo que permite revisar y/o visualizar conjuntos de datos, planos, fotografías y gráficas a través de solicitudes simples a la base de datos.

El SISE constituye una herramienta completa, única en su ramo, la cual almacena información relevante del comportamiento de la obra durante sus etapas de construcción y operación, manteniendo un historial. Además, dispone de un conjunto de funciones que ayuda a los usuarios de manera amigable a la consulta de información.

3.3 Identificación de la problemática

Los directivos de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras de la GEIC identificaron un área de oportunidad consistente en el incremento de productividad, eficiencia y calidad de sus procesos de seguridad de estructuras, incluyendo el principal: evaluar la seguridad de la infraestructura civil en las centrales de generación y la infraestructura hidráulica de su principal cliente externo CONAGUA.

La problemática que se atendió con el sistema SISE fue de tipo:

INDUSTRIAL: Mantener en funcionamiento adecuado, de acuerdo a niveles internacionales, las centrales de generación e infraestructura hidráulica.

El problema industrial se agudiza con el tiempo debido a la mayor vulnerabilidad de las instalaciones; a las crecientes exigencias de seguridad, calidad

y productividad del mercado; y a la presión de posibles competidores: productores externos de energía y operadores particulares de infraestructura hidráulica

ECONÓMICA: Impacto directo en los presupuestos de inversión en mantenimiento de la infraestructura existente y en la construcción de nueva.

La problemática económica es resultado de la escasez de recursos, del difícil entorno nacional y mundial y de la fuerte competencia en los mercados internacionales de energía.

SOCIAL: Consistente en la obligación de los operadores de infraestructura de salvaguardar las propiedades, vidas humanas y su entorno para evitar que se vean afectados por posibles fallas o deficiencias de sus instalaciones.

El problema social que conlleva las grandes obras de infraestructura es importante y los factores que influyen en agudizarlo son, entre otros, el crecimiento demográfico, la escasez de sitios óptimos para desarrollar proyectos, y la presión de organizaciones no gubernamentales que se oponen a la construcción de presas e infraestructura en general que afecte al medio ambiente.

El proyecto SISE, impacta favorablemente en la solución de los problemas descritos, los cuales debido a su complejidad no son de fácil solución, y requieren de decisiones y medios adicionales para su atención integral.

3.4 Objetivos.

Los objetivos de cada una de las 16 etapas del proyecto se indican en la cronología y etapas del proyecto tecnológico SISE y pueden resumirse en:

1. Desarrollo y puesta en operación de los módulos del SISE:

- Módulo de Captura
- Módulo de Consulta
- Módulo de Actualización
- Módulo de Reportes
- Módulo de Ayuda
- Módulo de Interfases a programas complementarios
- Módulo de Respaldo y recuperación
- Módulo de Control
- Módulo SISE Web

2. Capacitación de los usuarios.

3. Mantenimiento y actualización del sistema.

4. Desarrollo de herramientas administrativas y estadísticas del sistema.

5. Incorporación de nuevos instrumentos.

6. Reingeniería del programa de graficación.

Todos los objetivos se detallaron en cada una de las etapas del proyecto mediante términos de referencia y contratos, dónde se especificó de manera clara la supervisión del personal de la SSE, los reportes periódicos del avance del proyecto por parte del IIE, así como los documentos entregables: manuales de usuario y técnicos, y programas ejecutables.

3.5 Análisis y metodología empleada.

3.5.1 Análisis FODA

La figura 3.9 contiene el análisis FODA realizado, y con el cual se fundamentó la estrategia de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras para el desarrollo del Sistema de Información de Seguridad de Estructuras.

Los puntos más destacados en los que impactó el SISE fueron:

Amenazas

- Reducción de recursos económicos y humanos.
- Intervención de contratistas en trabajos de seguridad de estructuras.
- Demanda creciente de servicios que no se pueden atender con la capacidad actual.

Debilidades

- Recursos humanos, económicos y materiales escasos.
- Algunas instalaciones y equipos obsoletos (de medición y proceso).

Fortalezas

- Amplio conocimiento del comportamiento de las presas de CFE, aunado a la sólida posición técnica y reconocimiento local e internacional de la SSE.

Oportunidades

- Adecuación de la estructura interna de la SSE-GEIC para mejorar la oportunidad, productividad y calidad.
- Acceso a mercados nacionales, principalmente CONAGUA.
- Acceso a avances tecnológicos en equipos, procesos y procedimientos.
- Obligatoriedad de la seguridad de estructuras. Legislaciones y buenas prácticas existentes.

PLANEACION ESTRATEGICA DEL C.C. SEGURIDAD ESTRUCTURAS. Matriz DAFO

		DEBILIDADES									FORTALEZAS																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8																																																																																																																																																																																																																																																																																															
M E N A S	Mayor intervención del gobierno y la administración central de CFE mediante leyes, reglamentos, normas, etc.	C1	E3 E14						E3 E14		E7 E15																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
	Reducción de recursos económicos reales	C2	E1 E2	E2				E2		E13	E2				E2																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
	Reducción real de personal	C3	E14			E9	E3 E14								E5		E9																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Fuga de personal capacitado p/salario bajo	C4				E9	E3 E14										E12																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Intervención de contratistas en trabajos de Seguridad Estructural.	C5				E9	E3 E14				E1 E13		E9		E2 E9	E5	E9																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Demanda creciente de servicios que no se pueden atender con la capacidad actual.	C6	E2	E14	E2		E9	E3 E14	E5	E14		E2 E5 E9			E5 E9	E5																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	Incremento de carga administrativa al área por cambios en la administración local.	C7		E14		E10 E14				E14	E13 E14			E1 E13	E10		E3 E10																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Reducción en CFE de grupos técnicos complementarios.	C8					E4 E8										E9																																																																																																																																																																																																																																																																																																
O P O R T U N I D A D E S	Asociación con empresas nacionales de ingeniería y/o construcción.	D1	E4 E14			E4 E8	E4 E14		E14	E13	E4 E7			E1			E6																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Adecuación de la estructura interna para mejorar oportunidad, productividad y calidad.	D2				E9	E14		E14								E7																																																																																																																																																																																																																																																																																																
	Acceso a otros mercados nacionales, principalmente CNA.	D3	E2	E14	E2		E9	E3 E14	E5	E3 E14	E13 E14	E4		E7	E4	E7	E2 E7 E9	E10																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	Acceso a avances tecnológicos en equipos, procesos y procedimientos.	D4	E2		E2				E5	E14				E8	E5 E8 E9	E5	E8	E9 E12																																																																																																																																																																																																																																																																																															
	Acceso a mercados internacionales con la División Internacional.	D5					E9	E14	E5		E13 E14			E7	E4	E14	E5 E8	E9 E12	E10																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Participación con otras áreas de CFE para ampliar alcance de nuestra oferta.	D6					E9 E11	E14	E5 E8	E14	E13			E11		E1 E7 E11	E7	E9 E12	E10																																																																																																																																																																																																																																																																																														
	Aislamiento de una fuerte presión competitiva.	D7					E9		E2 E5			E7					E8	E6																																																																																																																																																																																																																																																																																															
		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="16">ESTRATEGIA</th> <th colspan="2">TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>E1</td><td colspan="15">Incrementar productividad y reducir costos de operación.</td> <td colspan="2">De supervivencia</td> </tr> <tr> <td>E2</td><td colspan="15">Lograr asignación presupuestal suficiente y oportuna, sin limitaciones importantes de techos financieros. Contar con recursos adicionales derivados de convenios o contratos externos.</td> <td colspan="2">De supervivencia</td> </tr> <tr> <td>E3</td><td colspan="15">Promover una descentralización de la estructura organizacional de la CFE.</td> <td colspan="2">De supervivencia</td> </tr> <tr> <td>E4</td><td colspan="15">Mayor vinculación de la SCE con clientes y/o socios externos.</td> <td colspan="2">Defensiva</td> </tr> <tr> <td>E5</td><td colspan="15">Empleo de sistemas automáticos de medición, detección, manejo datos, etc.</td> <td colspan="2">Adaptativa</td> </tr> <tr> <td>E6</td><td colspan="15">Difundir más ampliamente el carácter empresarial en todos los niveles del personal.</td> <td colspan="2">Adaptativa</td> </tr> <tr> <td>E7</td><td colspan="15">Ampliar participación en más centrales y/o proyectos.</td> <td colspan="2">Ofensiva</td> </tr> <tr> <td>E8</td><td colspan="15">Mayor apoyo de instituciones y centros de investigación y desarrollo tecnológico e industrial.</td> <td colspan="2">Ofensiva</td> </tr> <tr> <td>E9</td><td colspan="15">Incorporar personal altamente capacitado y ampliar la capacidad del existente.</td> <td colspan="2">Ofensiva</td> </tr> <tr> <td>E10</td><td colspan="15">Definir apoyo y metodología para atender labores administrativas.</td> <td colspan="2">Adaptativa</td> </tr> <tr> <td>E11</td><td colspan="15">Mayor inter-relación con las Subdirecciones de Generación, Construcción y Trasmisión.</td> <td colspan="2">Ofensiva</td> </tr> <tr> <td>E12</td><td colspan="15">Mejoras salariales reales al personal vinculado en convenios o contratos externos.</td> <td colspan="2">Defensiva</td> </tr> <tr> <td>E13</td><td colspan="15">Reducir costos indirectos.</td> <td colspan="2">De supervivencia</td> </tr> <tr> <td>E14</td><td colspan="15">Modernizar normatividad interna en CFE, incluyendo laboral.</td> <td colspan="2">Adaptativa</td> </tr> <tr> <td>E15</td><td colspan="15">Aplicar normatividad existente.</td> <td colspan="2">Defensiva</td> </tr> </tbody> </table>																ESTRATEGIA																TIPO		E1	Incrementar productividad y reducir costos de operación.															De supervivencia		E2	Lograr asignación presupuestal suficiente y oportuna, sin limitaciones importantes de techos financieros. Contar con recursos adicionales derivados de convenios o contratos externos.															De supervivencia		E3	Promover una descentralización de la estructura organizacional de la CFE.															De supervivencia		E4	Mayor vinculación de la SCE con clientes y/o socios externos.															Defensiva		E5	Empleo de sistemas automáticos de medición, detección, manejo datos, etc.															Adaptativa		E6	Difundir más ampliamente el carácter empresarial en todos los niveles del personal.															Adaptativa		E7	Ampliar participación en más centrales y/o proyectos.															Ofensiva		E8	Mayor apoyo de instituciones y centros de investigación y desarrollo tecnológico e industrial.															Ofensiva		E9	Incorporar personal altamente capacitado y ampliar la capacidad del existente.															Ofensiva		E10	Definir apoyo y metodología para atender labores administrativas.															Adaptativa		E11	Mayor inter-relación con las Subdirecciones de Generación, Construcción y Trasmisión.															Ofensiva		E12	Mejoras salariales reales al personal vinculado en convenios o contratos externos.															Defensiva		E13	Reducir costos indirectos.															De supervivencia		E14	Modernizar normatividad interna en CFE, incluyendo laboral.															Adaptativa		E15	Aplicar normatividad existente.															Defensiva	
ESTRATEGIA																TIPO																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E1	Incrementar productividad y reducir costos de operación.															De supervivencia																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E2	Lograr asignación presupuestal suficiente y oportuna, sin limitaciones importantes de techos financieros. Contar con recursos adicionales derivados de convenios o contratos externos.															De supervivencia																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E3	Promover una descentralización de la estructura organizacional de la CFE.															De supervivencia																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E4	Mayor vinculación de la SCE con clientes y/o socios externos.															Defensiva																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E5	Empleo de sistemas automáticos de medición, detección, manejo datos, etc.															Adaptativa																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E6	Difundir más ampliamente el carácter empresarial en todos los niveles del personal.															Adaptativa																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E7	Ampliar participación en más centrales y/o proyectos.															Ofensiva																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E8	Mayor apoyo de instituciones y centros de investigación y desarrollo tecnológico e industrial.															Ofensiva																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E9	Incorporar personal altamente capacitado y ampliar la capacidad del existente.															Ofensiva																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E10	Definir apoyo y metodología para atender labores administrativas.															Adaptativa																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E11	Mayor inter-relación con las Subdirecciones de Generación, Construcción y Trasmisión.															Ofensiva																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E12	Mejoras salariales reales al personal vinculado en convenios o contratos externos.															Defensiva																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E13	Reducir costos indirectos.															De supervivencia																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E14	Modernizar normatividad interna en CFE, incluyendo laboral.															Adaptativa																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
E15	Aplicar normatividad existente.															Defensiva																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Fig. 3.9 Análisis FODA de la Subgerencia de la Seguridad de Estructuras.

También se realizó un análisis causa-efecto (Ishikawa) el cual se muestra en la Figura 3.10.

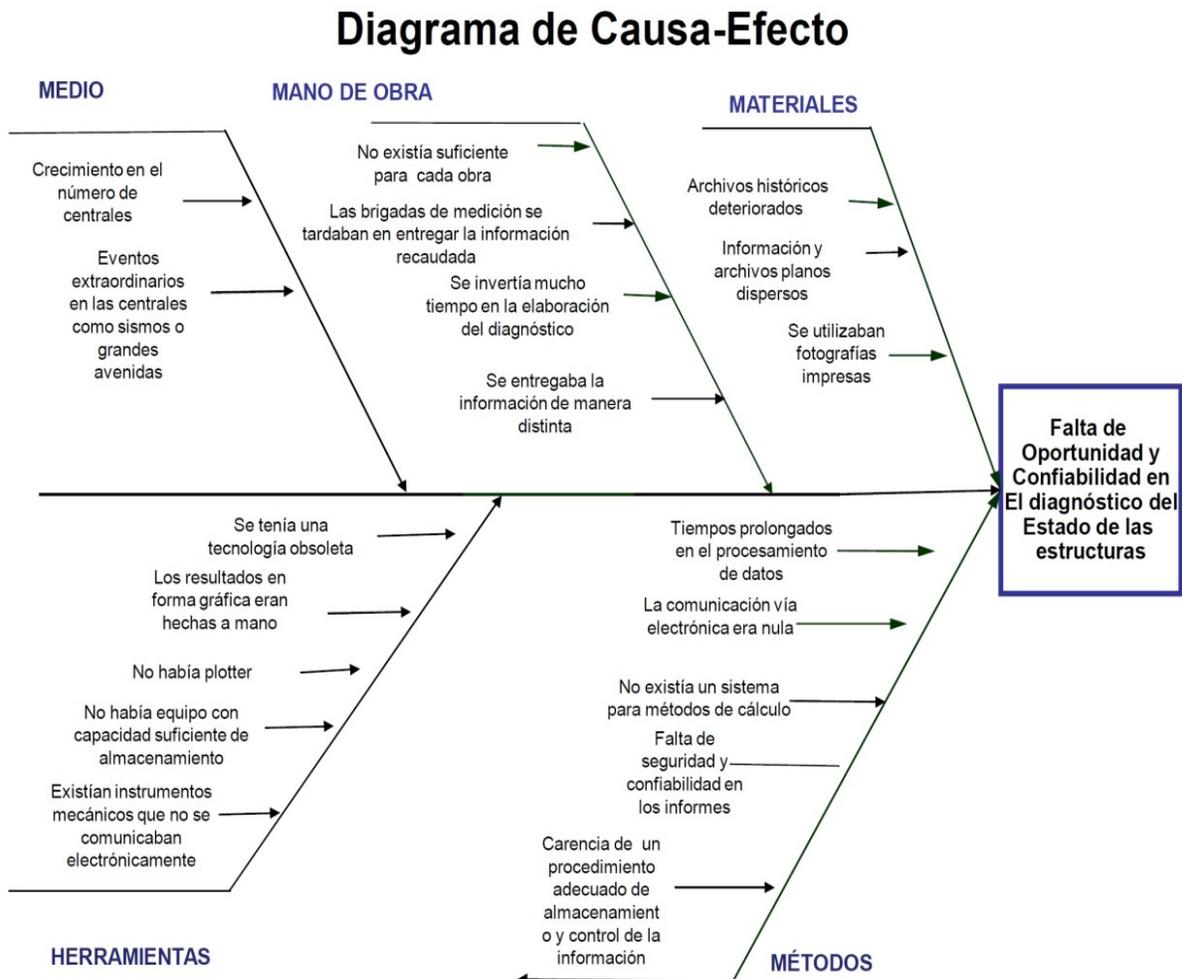


Fig. 3.10. Diagrama Causa-Efecto para el desarrollo del proyecto SISE.

3.5.2 Sustento teórico.

Durante los primeros cuatro años del proyecto tecnológico SISE, se desarrolló un conjunto de módulos independientes, pero que tienen como fin común el de ayudar al ingeniero en la tarea de revisar el comportamiento estructural de las obras.

Las herramientas informáticas para su desarrollo fueron:

- *Informix Online* como manejador de base de datos
- *Informix Star* para la comunicación Cliente/Servidor
- *Informix NewEra* para desarrollar la aplicación del cliente
- *AutoDesk View* para revisión de las imágenes
- *AutoCAD* para editar planos vectorizados
- *PixEdit* para editar planos e imágenes en formato raster
- *Visual C++* compilador del NewEra
- *IBM AIX* sistema operativo del Servidor
- *IBM Dynamic Server como administrador de la base de datos*
- *IBM WebSphere Application Developer* para el desarrollo de la aplicación en el servidor
- *IBM WebSphere Application Studio Developer* para el desarrollo de la aplicación Web.

Primeros módulos del SISE

SIME: *Sistema de Medición de Estructuras* cuyo objetivo era la administración de los instrumentos instalados en diferentes estructuras de las presas, la captura de sus datos y su consulta de manera gráfica.

El **SIME** estaba compuesto de tres partes principales:

- *La Base de Datos*, se encuentra ordenada de manera lógica, la información procesada que fue capturada de los instrumentos colocados en las obras.
- *El programa Captura*, se encarga de recibir los datos obtenidos de campo por los operadores de instrumentos, validarlos y procesarlos para incluirlos en la Base de Datos.

- *Los programas de aplicación*, analiza la información contenida en la Base de Datos, a través de procesos de cálculo, comparaciones y correlaciones de forma gráfica o numérica.

La primera versión del **SIME** apoyó de forma eficaz el manejo de gran volumen de datos que se capturaban por diversos medios en los lugares en donde se encuentran las centrales generadoras de energía eléctrica de la CFE; facilitando las actividades de captura, verificación de datos, procesos de cálculo, comparaciones y correlaciones entre juegos de datos y presentación gráfica o numérica de los resultados, todo esto de manera confiable, amigable, flexible y rápida.

SIRI: *Sistema de Reportes de Inspección* cuya finalidad fue la de almacenar, organizar y manejar la información generada por las brigadas de inspección de las obras civiles de las centrales generadoras. La información contempla textos y gráficos en forma raster y/o vector (planos, fotos, diagramas, imágenes, etc.), además genera en forma automática (a solicitud del usuario), con base a la información de la inspección, un diagnóstico de las anomalías de las presas, sus posibles causas y soluciones; integra y maneja los diagnósticos resultantes de las inspecciones realizadas por las brigadas de las obras civiles, así como las anomalías detectadas en los diagnósticos, y ordena la información relevante de la obra durante la etapa de construcción, las anomalías detectadas en la etapa de construcción, características geológicas, ubicación, zona sísmica, cimentación, etc.

SIG: El *Sistema de información gráfica* tuvo como objetivo principal almacenar, organizar y manejar información gráfica en formatos raster y vector (planos, fotos, diagramas, imágenes, etc.) de las estructuras civiles contenidas en las obras generadoras de energía eléctrica de CFE. Además de la información gráfica, también manejaba información alfanumérica relacionada con las imágenes.

Con esta herramienta, el personal de la CFE podía revisar de manera rápida y confiable los planos e imágenes asociados a una obra en particular, generar gráficas

de los resultados de las mediciones de los instrumentos, emitir reportes de la información contenida en la Base de Datos, realizar consultas de diversos tipos como la cantidad de instrumentos asociados a un plano de instrumentación, número de planos asociados a una obra, planos de detalle asociados a un plano base, información general de los instrumentos contenidos en un plano, entre otros, lo que permite un ahorro sustancial en tiempo y esfuerzo.

SIRCE: *Sistema de consulta de reportes de comportamiento de estructuras.* En el **SIRCE** se organizaban y almacenaban diferentes tipos de informes (inspección, comportamiento, análisis numéricos, medición, etc). Se organizaban como documentos HTML clasificados y almacenados en un servidor, estos informes era necesario digitalizarlos y almacenarlos en una ubicación específica. Posteriormente con los avances tecnológicos fue posible que los campos de almacenamiento del manejador de la base de datos Informix permitiera almacenar documentos PDF por lo cual ya no fue necesario digitalizar los informes y éstos se pudieron almacenar directamente en una tabla. Finalmente el SIRCE se incorporó al SISE como un módulo, el módulo “Repositorio de Documentos”.

Integración de los módulos al SISE

Cada módulo se ejecutaba por separado y realizaba una tarea específica, que al menos dentro del subsistema, estaba relacionada con el funcionamiento del resto de los programas. La condición de manejar muchos programas de manera separada interactuando con otras herramientas, generaba confusión y un complicado manejo de los subsistemas. Es por ello que surgió la necesidad de crear un nuevo sistema que presentara las aplicaciones que ya se tenían realizadas, de manera conjunta y fácil de utilizar, constituyéndose así como un auténtico sistema.

El proceso de integración de los subsistemas planteó diversas modificaciones, tanto en el esquema de la base de datos, en el código fuente de los programas, en la lógica del manejo del sistema, como en la presentación de las pantallas que utilizaba.

Es por esto que el objetivo principal de esta integración fue la de construir un sistema de software que integrara los subsistemas SIME, SIRI, SIG, SIRCE y que ayudara al personal de la CFE en las tareas de conservar los índices de seguridad de las estructuras, permitiendo el manejo y análisis de la información requerida con mayor certidumbre y confiabilidad dentro de una sola interfaz gráfica.

Al término de esta integración, se obtuvieron los siguientes beneficios:

- Un sólo acceso al sistema e interfaz única.
- Homologación de las ventanas.
- Mayor disponibilidad de la información.
- Mejor manejabilidad del sistema.
- Permitir un mejor mantenimiento.

Como resultado de esta integración, podemos definir al SISE como un conjunto de programas ejecutables que trabajan en colaboración. El acceso a los diferentes módulos traspasa información de un programa a otro a través de un archivo intermedio.

El sistema se desarrolló de una forma incremental desarrollando e incorporando los diferentes módulos concebidos en el principio del proyecto.

El diseño original está basado en una arquitectura cliente-servidor, esta arquitectura se escogió debido a la importancia de la confidencialidad de la información, y aprovechando el que se contará con una red local en la GIEC. En este esquema se utilizó como manejador de base de datos a Informix debido a que se trataba de un software institucional.

El sistema se diseñó en base a módulos con finalidades muy precisas, y el diseño de cada módulo se basó en la tecnología de orientación a objetos, entre otras razones porque el desarrollo se haría a lo largo de varios años y era necesario crear componentes autocontenidos e intercambiables.

Desde el principio se definió el diseño de los módulos basado en capas bien definidas:

1. **Capa de Interfaz.** En esta capa se desarrollaron todas las interfaces con el usuario, es decir se desarrollaron las “vistas” que tendría el sistema hacia el usuario.
2. **Capa de Reglas.** Aquí se diseñó e implementó la funcionalidad del sistema, es decir la “reglas de negocio”, la lógica del funcionamiento del sistema.
3. **Capa de Persistencia.** En la cual se diseñaron e implementaron los accesos del sistema hacia la base de datos.

El diseño de capas seleccionado es importante en un proyecto de varios años debido a que la tecnología y algunos procedimientos pueden variar y también sufrir cambios el personal que desarrolla el sistema. En un diseño basado en capas es posible modificar alguna de ellas sin necesidad de modificar la otra, por ejemplo, si se cambia de manejador de base de datos, sólo es necesario modificar la capa de persistencia sin modificar las otras dos capas (interfaz y reglas).

Otro aspecto relevante es el diseño de un módulo para capturar la información durante visitas de inspección a las obras, el diseño se realizó en dos etapas, la primera consistió en desarrollar la aplicación como un autómata de estado finito que permitiera realizar un ajuste de los procedimientos de cálculo de variables de comportamiento sin requerir una modificación en el código ejecutable.

La segunda etapa consistió en que una vez que se normalizaron y sistematizaron los procesos de cálculo para cada uno de los tipos de instrumentos que se instalan en la obras, se procedió a realizar una actualización donde el módulo se convierte en un subsistema que permite almacenar y consultar información de datos de campo de cada uno de los instrumentos instalados en la obra, esta información puede llevarse en una computadora portátil a una inspección en campo, teniendo la ventaja de contar con toda la información histórica de la obra durante dicha inspección.

Módulos del SISE

El SISE está ordenado lógicamente por un grupo de subsistemas que comparten la misma base de datos, cada módulo tiene una tarea independiente que ayudará al personal de la CFE a emitir de manera segura y rápida un juicio del estado estructural de las obras civiles.

Actualmente los módulos del SISE son:

Captura

Se encarga de capturar la información generada por los instrumentos ubicados en las obras civiles de las centrales generadoras. El programa **CAPTURA**, valida y procesa la información de aproximadamente 40 tipos de instrumentos. El programa genera archivos con la información procesada, para que sea incorporada en la base de datos del SISE.

La importancia del módulo **CAPTURA** no se dimensionó correctamente desde el diseño original del SISE ya que se consideró que sería suficiente con un programa de “captura” que tomara datos de entrada, realizara el cálculo y generara un archivo formateado con los datos calculados (SIME).

Este módulo es una parte fundamental del SISE, ya que es la entrada de datos al sistema. Al hacer las pruebas del módulo en condiciones reales de operación, se encontró que para algunos tipos de instrumentos existían diferentes procedimientos de cálculo y formatos de trabajo, entonces, la implementación de este módulo se convirtió en una forma de estandarizar métodos de cálculo y homogeneizar procedimientos de trabajo.

Obras

Este módulo se encarga de administrar el catálogo de las centrales generadoras de energía eléctrica contenidas en el sistema. Los datos en el catálogo son variadas y completos, contienen información alfanumérica y gráfica donde se especifica la información de la capacidad de generación, datos de los equipos mecánicos y eléctricos, información geológica, documentos descriptivos de los procedimientos constructivos, planos, croquis y fotografías, entre otras.

Catálogo de instrumentos

Administra el catálogo de los tipos de instrumentos contenidos en el sistema.

Fichas de instrumentos

Este módulo se encarga de manejar las fichas de los instrumentos instalados en las obras. La ficha consiste en un conjunto de información que se genera al momento de la instalación de cada instrumento, como ubicación, número de sensor, constantes de calibración y/o corrección, etc., y varía dependiendo del tipo de cada uno.

Carga de datos

Este módulo tiene la tarea de subir a la Base de Datos la información que genera el programa de CAPTURA. Cada tipo de instrumento genera distinta información, misma que se guarda en un archivo de datos con un formato establecido.

El programa Carga de datos utiliza un programa “visor”, que se encarga de revisar y validar el contenido del archivo antes de que el usuario lo integre a la Base de Datos.

Consulta

El módulo de Consulta es fundamental para los usuarios del SISE, se encarga de manejar la información obtenida de los instrumentos colocados en las obras civiles de cada central generadora. El análisis de la información se realiza en forma numérica y gráfica.

Repositorio de imágenes

Este subsistema se encarga de administrar un repositorio de imágenes, fotos y planos contenidos en el sistema. La información está clasificada en cinco categorías; planos generales de obra, planos generales de instrumentación, gráficas de datos, imágenes y planos de detalle de instrumentación.

Cada subsistema del SISE tiene asociada gran cantidad de información gráfica, misma que es administrada por este subsistema a través de un conjunto de rutinas que actúan sobre este repositorio.

Usuarios

Funciones para administrar e incorporar a los usuarios que utilizarán el sistema.

Administración de usuarios

Funciones diseñadas para administrar las funciones que los usuarios realizan en el sistema.

Documentos

Este subsistema se encarga de administrar los documentos que se generan en la Subgerencia de Seguridad de Estructuras, primordialmente los informes sobre el

comportamiento estructural de las presas. La idea fundamental es mantener la información centralizada para que pueda ser consultada por el personal de la CFE.

Estaciones sísmicas

Administra la información referente a las estaciones sísmicas y los aparatos que se encuentran en ellas. La información que se administra corresponde a la que maneja el archivo estándar de sismos fuertes, definido por las instituciones que integran la Base Mexicana de Datos de Sismos Fuertes.

Eventos sísmicos

Administra la información de los datos referentes a los sismos. Estos datos corresponden a los que maneja el formato estándar de sismos fuertes.

Registro sísmico

Este subsistema se encarga de administrar la información de los registros sísmicos generados por los acelerógrafos. Contiene diversas funciones que permiten manejar la información de sus registros y datos del evento. Esta información es generada y/o capturada de acuerdo al formato mexicano estándar de sismos fuertes. Este programa dispone de un módulo que permite consultar gráficamente los datos de acelerogramas y de los resultados de las transformaciones realizadas sobre estos, como espectros de respuesta.

Inspecciones, diagnósticos y seguimiento de anomalías

Este módulo se encarga de administrar la información referente a los reportes de inspección de una obra. El programa contiene tres módulos; el primero, administra de los datos resultantes de las inspecciones realizadas a una obra, el segundo controla los reportes de diagnósticos, y el tercero permite dar seguimiento a las anomalías resultantes de un diagnóstico.

Reportes del comportamiento de estructuras

Este módulo se encarga de administrar la información sobre los reportes del comportamiento de estructural de las obras civiles de las centrales generadoras de energía eléctrica.

Repositorio de documentos

Este módulo administra los documentos almacenados en el repositorio del SISE. Estos documentos son almacenados en archivos PDF y mantiene un conjunto de métodos para su consulta.

Análisis de Modelos numéricos

Administra la información gráfica y numérica de los resultados de los análisis numéricos de las estructuras de al menos diez programas de uso comercial.

Ayuda del SISE

Este módulo incluye los manuales de ayuda en línea del SISE.

SISEWEB

El **SISEWEB** es un sistema desarrollado como una aplicación Web, diseñado con el propósito de aprovechar las ventajas que proporciona esta tecnología y mediante ella permitir acceso rápido y confiable a la información contenida en la base de datos desde prácticamente cualquier terminal de la intranet de la CFE, dando con ello posibilidad al personal encargado de realizar la supervisión de las obras civiles de las centrales generadoras de energía eléctrica, de desarrollar sus tarea de manera más adecuada.

La funcionalidad del sistema se diseñó considerando que éste será utilizado exclusivamente para realizar consultas de tipo gerencial, por lo que en su desarrollo no se contempló la administración adicional de información como altas, modificaciones o eliminación, las cuales se deberán de ejecutar a través de la versión cliente-servidor.

Arquitectura general del SISE

Los lenguajes orientados a objetos que se utilizaron son, C++, Java y AutoLisp. Adicional a ello se desarrollaron algunos componentes activeX, se programó AutoCAD y se utilizaron bibliotecas gráficas estándares como JFreeChart. El avance de la tecnología y el problema de la obsolescencia motivaron el cambio de algún software utilizado como DYNAMIC SERVER como administrador de la Base de Datos y WebSphere como desarrollador del sistema, ambos de IBM- INFORMIX.

La implantación del sistema se realizó utilizando una arquitectura cliente / servidor en una red local. El equipo utilizado como servidor en una computadora DELL PowerEdge 6300 y 30 computadoras personales IBM compatibles que usan el sistema y que tienen la función de cliente. Esta arquitectura consiste básicamente en un cliente que realiza peticiones a un servidor que le da respuesta (Figura 3.11).

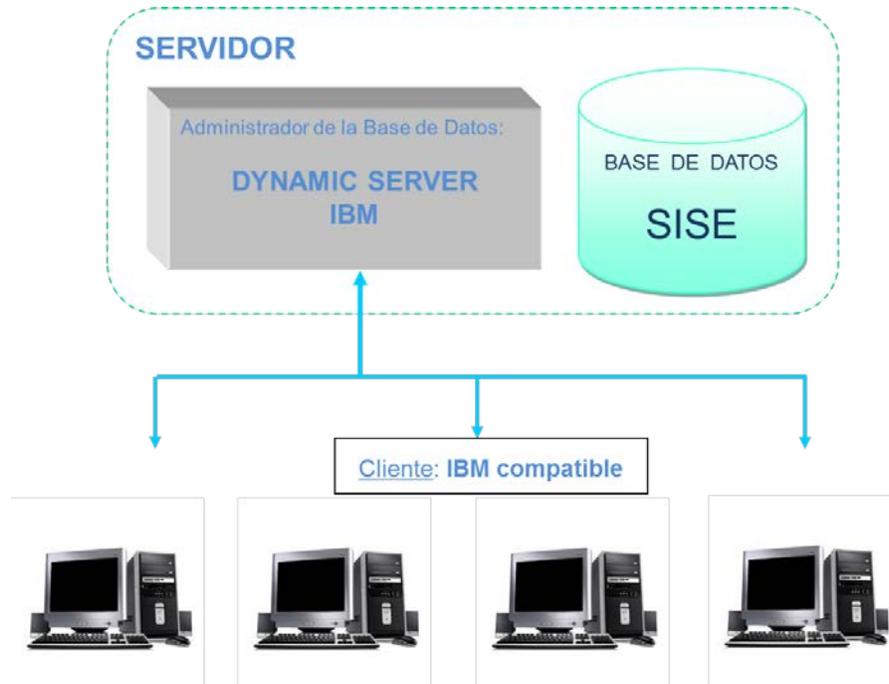


Fig. 3.11. Esquema de la Arquitectura Cliente / Servidor del SISE

La arquitectura cliente/servidor elimina la necesidad de mover grandes bloques de información por la red hacia las computadoras personales o estaciones de trabajo de la SSE para su proceso. El servidor controla los datos, procesa las peticiones y después transfiere sólo los datos requeridos a la máquina cliente. Entonces, la máquina cliente presenta los datos al usuario mediante interfaces amigables. Todo esto reduce el tráfico de la red, lo que facilita que pueda soportar un mayor número de usuarios.

Las ventajas de contar con esta arquitectura son:

- Los datos están almacenados en una ubicación central en donde todos los usuarios pueden trabajar con ellos.
- No se almacenan copias separadas del elemento en cada cliente, lo que elimina los problemas de hacer que todos los usuarios trabajen con la misma información.

- Las reglas de seguridad se pueden definir una sola vez en el servidor para todos los usuarios. Esto se puede hacer en una base de datos mediante el uso de restricciones.
- Los servidores de base de datos relacionales optimizan el tráfico de la red al devolver sólo los datos que la aplicación necesita.
- Los gastos en hardware se pueden minimizar. Como los datos no están almacenados en los clientes, éstos no tienen que dedicar espacio de disco a almacenarlos. Los clientes tampoco necesitan la capacidad de proceso para administrar los datos localmente y el servidor no tiene que dedicar capacidad de proceso para presentar los datos.
- Las tareas de mantenimiento como las copias de seguridad y restauración de los datos son más sencillas porque están concentradas en el servidor central.

Para el desarrollo de los programas del **SISE** se emplearon herramientas de software especializadas:

Web Sphere Application Developer v6.0. Es un conjunto de herramientas de desarrollo de interfaces y acceso a bases de datos desarrollado por la empresa IBM. El producto provee varias perspectivas de desarrollo. Para el desarrollo del sistema el IIE utilizó la perspectiva de JAVA apoyándose en su herramienta Swing para diseño de interfaces de manera amigable. Las herramientas del producto están diseñadas para desarrollar aplicaciones basado en el paradigma de orientación a objetos, el cual se apoya en el desarrollo de sistemas de forma amigable. En general todos los módulos del SISE utilizan esta herramienta como plataforma básica de desarrollo.

Visor de Autodesk. Es una herramienta de Autodesk cuya función principal consiste en la consulta o edición rápida de archivos gráficos.

Acrobat Reader. Este programa es otra herramienta que el SISE utiliza para leer los documentos con formato PDF. Los documentos con este formato están almacenados en la base de datos como documentos terminados para su consulta.

Word, Excel, Calculadora, y Explorador de archivos. El SISE proporciona a los usuarios programas comerciales y de uso común que pueden utilizarse en cualquier momento y que conservan sus funciones y características originales.

Así mismo se utilizaron lenguajes orientados a objetos como NewEra, C++, Java y AutoLisp. Adicional a ello se desarrollaron algunos componentes activeX, se programó AutoCAD y se utilizaron bibliotecas gráficas estándares como JFreeChart. El avance de la tecnología y la obsolescencia motivaron el cambio de algunos de los lenguajes utilizados.

Proceso de respaldo de la información.

Se realizan copias de seguridad de la base de datos para salvar toda la información en el caso de que ante posibles pérdidas o desastres se pueda recuperar en su totalidad.

Seguridad del Sistema.

Usuarios del sistema. Es el personal que se encarga de utilizar las funciones del SISE. Los usuarios están clasificados en cinco categorías o niveles, en función de esta categoría es su responsabilidad en el uso del sistema. A continuación se indican los cinco niveles de usuario disponibles.

Administrador. Este usuario es único, y tiene los privilegios más altos, es decir, el administrador tiene acceso a todas las opciones que se presentan en los distintos módulos que integran el sistema. Además, tiene acceso directo a la base de datos, a través del servidor.

Líderes. Este usuario tiene prácticamente los mismos privilegios del Administrador, excepto que éste no puede utilizar las opciones de **BAJA** en los distintos módulos del sistema. No tiene acceso directo a la Base de Datos y no puede dar de alta a usuarios del sistema, no puede ver la **BITÁCORA** ni hacer **RESPALDOS** de la Base de Datos.

Usuario Avanzado. El usuario avanzado, es la persona que a diario está trabajando con la información de la Base de Datos, genera reportes, revisa los datos, carga información a la Base de Datos, etc. Este usuario puede utilizar todos los módulos, pero en ellos no puede utilizar la opción de **BAJA** y los **CAMBIOS** son restringidos.

Usuario de Consulta. Estos usuarios tienen operaciones de consulta, carga de información restringida sobre los datos.

Usuarios externos. El usuario de consultas está diseñado para las personas ajenas al sistema, sólo pueden ver la información contenida en la Base de Datos.

Las opciones no disponibles para los usuarios son inhibidas automáticamente por el sistema.

El módulo de usuarios tiene cuatro funciones: Alta, Baja, Cambios, Cambio de Contraseña.

El programa administrador de usuarios. Auditorías.

Durante el uso del sistema, se desarrollan operaciones que modifican los datos contenidos en la base de datos. Para llevar un control de este tipo de operaciones, se diseñó un conjunto de rutinas que registran las operaciones realizadas, el usuario que las realizó, y la hora en que fueron realizadas, además cuenta con los algoritmos necesarios para realizar la auditoría. Sólo el usuario con prioridad de administrador puede acceder a las funciones de este programa.

3.5.3 Cumplimiento de aspectos legales y éticos.

El proyecto SISE estuvo orientado a que CFE cumpliera con los siguientes aspectos legales cuya referencia es la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento:

Ley de Aguas Nacionales (LAN)

Art. 29. Indica que los concesionarios y asignatarios tendrán las siguientes obligaciones:

Inc. IV. Operar, mantener y conservar las obras que sean necesarias para la estabilidad y seguridad de presas, control de avenidas y otras que de acuerdo a las normas se requieran como seguridad hidráulica.

Inc. VI. Proporcionar la información y documentación que le solicite la CONAGUA para verificar el cumplimiento de las condiciones contenidas en esta Ley.

Art 26. Se suspenderá la concesión, asignación para el uso o aprovechamiento de aguas nacionales, independientemente de la aplicación de las sanciones que procedan, cuando:

Inc. II El concesionario o asignatario no permite que se efectúe la inspección, medición o verificación sobre los recursos e infraestructura hidráulica concesionados o asignados”

Reglamento LAN

Art. 42. El concesionario o asignatario responderá por los daños o perjuicios que cause a terceros cuando le sean imputables por el uso o aprovechamiento de aguas.

Normas éticas

Las principales normas éticas en el manejo de la información del SISE fueron:

Confidencialidad. Se refiere a no divulgar información clasificada propia o del cliente sin contar con la autorización respectiva.

Accesibilidad. Existen controles de acceso para preservar la información y mantener su consistencia y seguridad.

Responsabilidad. Del usuario y los desarrolladores para evitar daños, sabotaje o corrupción del sistema, preservando así la información para utilizarla de manera confiable.

3.6 Innovación y novedad del proyecto

3.6.1 Limitaciones técnicas del estado actual

En el momento en que se concibió el proyecto SISE (1995) existían las siguientes limitaciones técnicas en los procesos de la Subgerencia de Seguridad de Estructura (Figura 3.12):

- El proceso de los datos de instrumentación: la captura, la verificación, el cálculo y graficación se realizaba, en su mayor parte, manualmente y el resto con la ayuda de hojas de cálculo elaboradas por cada ingeniero; es decir, no existía un formato único para el proceso de captura. Este método generaba gran cantidad de papel con problemas en su archivo y conservación.
- Existían demoras en la consulta de la información debido a que no estaba en una base de datos única, sino dispersa en archivos de papel o en varias computadoras personales. Esta situación ocasionaba demora en los procesos.

- La infraestructura eléctrica del país continuaba en constante crecimiento, lo que aunado a la escasez de recursos económicos y humanos, planteaba la necesidad de innovar y desarrollar tecnologías para enfrentar este escenario.
- El desarrollo de los instrumentos y aparatos de medición obliga al personal especializado en seguridad de estructuras a contar con conocimientos y herramientas de trabajo apropiados para medirlos, procesar y analizar sus datos.

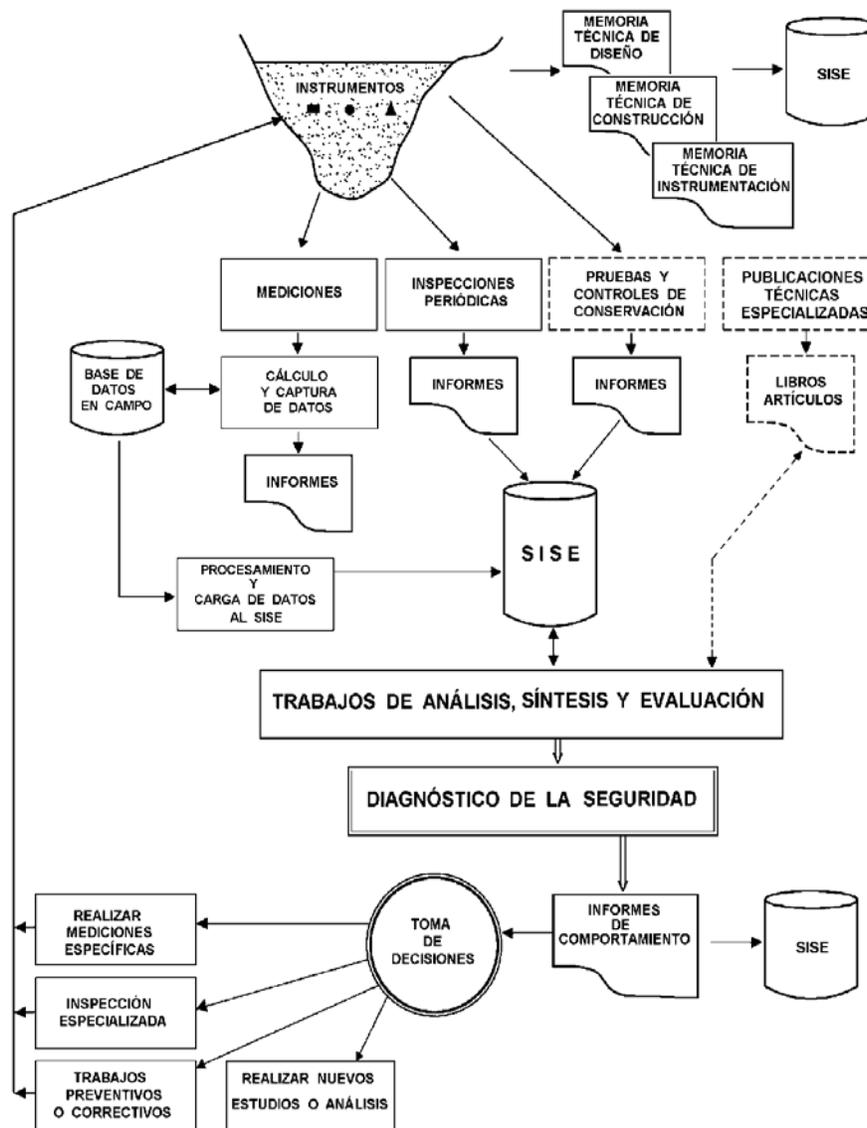


Fig. 3.12. Modelo general de los procesos de la SSE.

3.6.2 Avances que se lograron con el proyecto.

El desarrollo del proyecto SISE, le permitió a la SSE-GEIC-CFE contar con un sistema de información para resolver sus necesidades internas y externas en materia de seguridad de estructuras; realizando sus procesos con mayor calidad, eficiencia, oportunidad y confiabilidad (Figura 3.13).

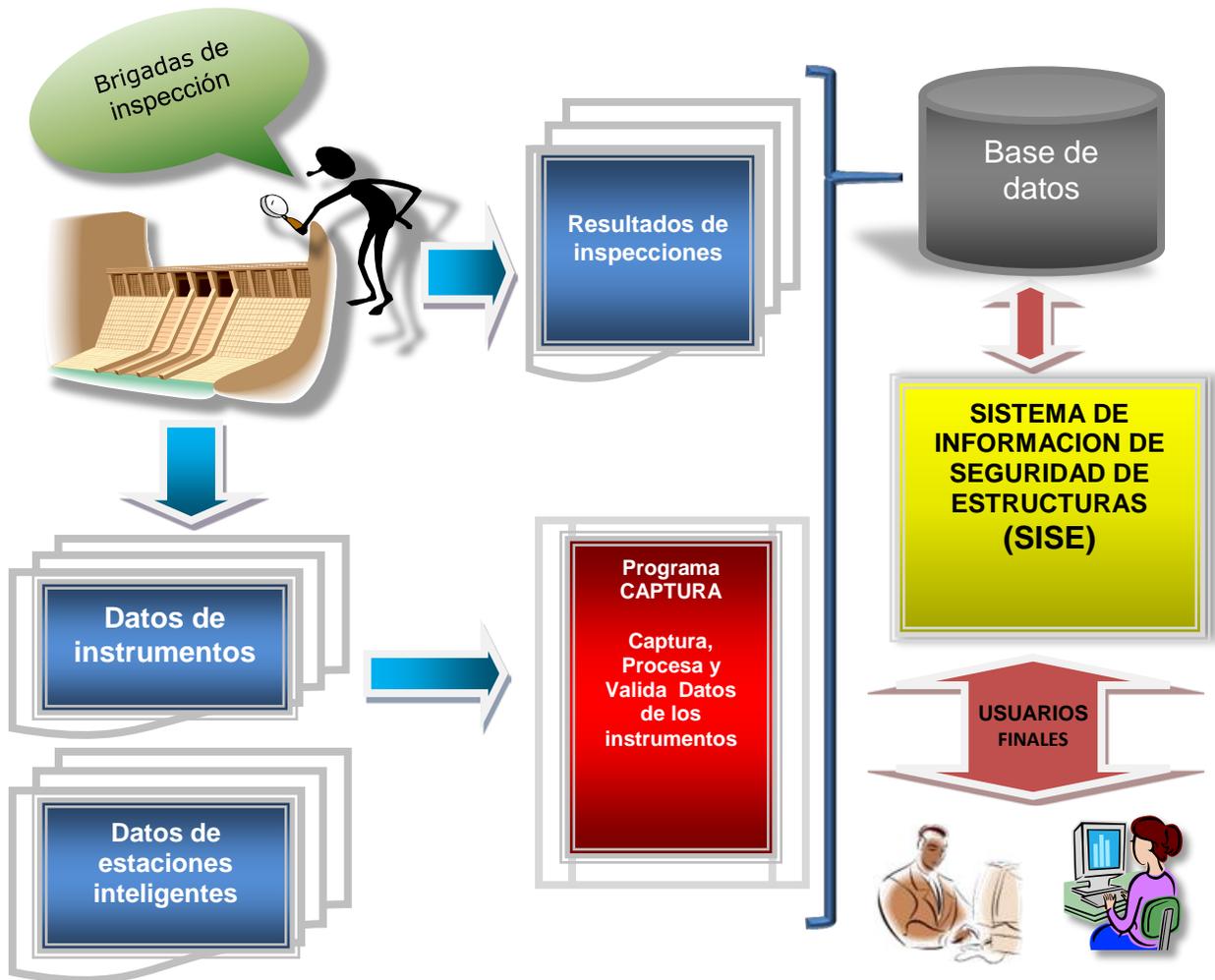


Fig. 3.13. Modelo conceptual del SISE.

El proyecto brindó al personal técnico especializado una herramienta tecnológica de vanguardia para capturar, procesar y respaldar datos de instrumentación geotécnica, topográfica, estructural y sísmica; consultar la información relevante de las

estructuras en estudio: planos, imágenes, informes y documentos técnicos; manejar registros sísmicos; y llevar un control adecuado de los informes de inspección y del seguimiento de anomalías (Figura 3.14).

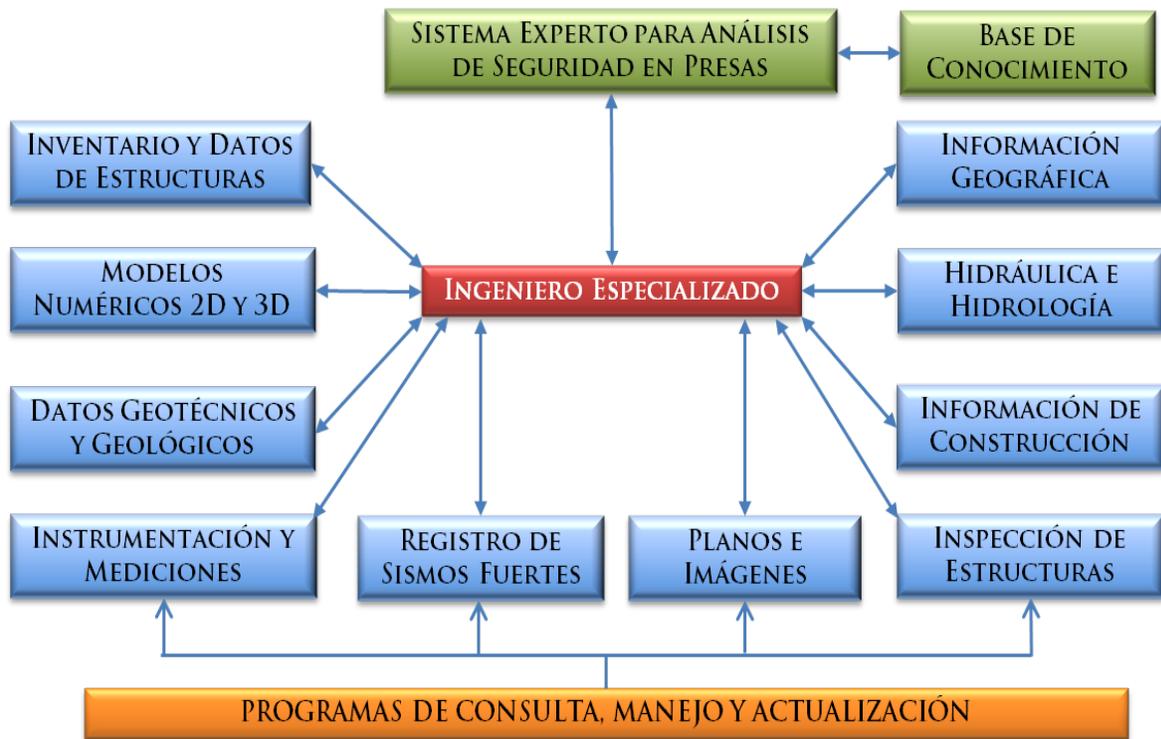


Fig. 3.14. Interacción del usuario con los módulos del SISE.

El SISE puso al alcance de los directivos de la SSE y los operadores de las centrales de generación, información confiable para la toma de decisiones concernientes a la seguridad de las estructuras.

Los avances más destacados fueron:

- Estandarizar el proceso de captura, verificación, cálculo, comparaciones y correlaciones de datos de la instrumentación geotécnica, topográfica, estructural y sísmica instalada en las estructuras civiles de las principales centrales de generación de la CFE; incluyendo la presentación gráfica o numérica de los resultados, de manera confiable, amigable, flexible y rápida.

- Preservar los datos e información relevantes de las estructuras y centrales de generación instrumentadas, mediante su captura y almacenamiento electrónico.
- Almacenar, organizar y manejar informes e información gráfica: planos, imágenes, diagramas, etc., de las estructuras civiles de CFE y clientes externos.
- Administrar los diagnósticos, anomalías y el seguimiento correspondiente en las obras civiles.
- Manejar, gráfica y numéricamente, los acelerogramas obtenidos de la instrumentación sísmica.
- Contar con un catálogo de los instrumentos instalados en todas las obras.
- Contar con un proceso automatizado de gestión de informes de inspección. Mediciones y comportamiento, que permite su revisión, seguimiento, aprobación, archivo y consulta.

3.6.3 Grado de Innovación o novedad del proyecto.

El SISE fue un proyecto innovador único, ya que en el mercado no existía un sistema similar; a nivel mundial algunos organismos encargados de la seguridad de estructuras (USBR, US Corps of Engineers, Electricité de France) han desarrollado sistemas propios no comerciales.

El SISE fue concebido, en su etapa inicial para atender las necesidades internas del área de seguridad de estructuras de la GEIC. Posteriormente, se identificaron áreas de oportunidad en CFE para ampliar su uso, con las restricciones necesarias concernientes al acceso de la información.

3.6.4 Protección de la propiedad.

Se realizó la gestión para tener la CFE los derechos de autor ante el INDAUTOR.

3.7 Planeación y gestión del proyecto

3.7.1 Fases, tareas y sus interacciones

A continuación se describen las actividades de cada etapa de desarrollo del proyecto SISE, de acuerdo a la cronología mostrada en la tabla 3.1.

10649 SISTEMA DE MANEJO DE DATOS DE LOS INSTRUMENTOS COLOCADOS EN LAS PRESAS DE CFE (15 de enero de 1996 al 30 de enero de 1997).

Actividades: SIME

1. Requerimientos del sistema
2. Diseño conceptual
3. Implementación
4. Instalación y arranque
5. Operación
6. Mantenimiento

PROGRAMA CAPTURA

1. Introducción
2. Definición de requerimientos
3. Diseño del sistema

11065 MANTENIMIENTO Y MEJORAS AL SISE (01 de junio al 30 de noviembre de 1997).

Actividades:

1. Actualización del módulo de obras
2. Soporte de múltiples modelos de tipos de instrumentos
3. Actualización de información
4. Administración de notas y eventos relevantes
5. Generación de gráficas variable & embalse
6. Módulo para generación de reportes
7. Implantación de la función de multicaptura de datos para un solo tipo de instrumento en el programa CAPTURA.

11066 SISTEMA PARA EL MANEJO DE IMÁGENES Y PLANOS DE LAS OBRAS DE CFE (01 de junio de 1997 al 31 de marzo de 1998).

Actividades: SIG

1. Requerimientos del sistema
2. Diseño conceptual del sistema
3. Implementación
4. Instalación y arranque
5. Operación

11141 PRIMERA ETAPA PARA EL MANEJO DE REPORTES DE INSPECCIÓN (01 de abril de 1998 al 28 de febrero de 1999).

Actividades: SIRI

1. Requerimientos
2. Diseño conceptual
3. Implementación

4. Instalación y arranque
5. Operación
6. Expediente de la obra
7. Módulo para manejo de los reportes de inspección
8. Módulo para manejar diagnósticos
9. Módulo para manejar seguimientos de anomalías

11144 INTERFACE PARA LOS MÓDULOS DE DE REPORTES DE COMPORTAMIENTO (01 de marzo al 31 de diciembre de 1998).

Actividades:

1. Requerimientos
2. Implementación
3. Clasificación de los informes
4. Organización de los documentos
5. Acceso desde SISE y operación
6. Procesamiento de los documentos

11628 PROGRAMA DE INTEGRACIÓN AL SISE (01 de abril de 1999 al 31 de marzo de 2000).

Actividades: SISE

1. Características generales
2. Estructura de los programas
3. Estructura de los archivos de enlace
4. Catálogo de obras de instrumentos
5. Repositorio de imágenes
6. Definición y estructuras auxiliares
7. Fichas de instrumentos

8. Módulo para cargar información
9. Consulta de datos de instrumentos
10. Módulo de inspecciones
11. Diagnósticos
12. Seguimiento de anomalías
13. Administrador del repositorio
14. Manejo de planos
15. Consulta y elaboración de informes
16. Usuarios
17. Auditoria

11629 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SISE (01 de abril al 31 de diciembre de 1999).

Actividades:

1. Elaborar un programa de mantenimiento de los subsistemas SIME y SIG
2. Revisión y prueba sistemática del subsistema SISE y módulo CAPTURA
3. Mejoras y ajustes al subsistema SISE y módulo CAPTURA
4. Revisión y prueba sistemática del subsistema SIG
5. Determinar los nuevos tipos de instrumentos que se agregarán al SISE
6. Realizar los ajustes necesarios para integrar los nuevos instrumentos al módulo CAPTURA
7. Realizar los ajustes necesarios para integrar los nuevos instrumentos al subsistema SIME
8. Realizar los ajustes necesarios para integrar los nuevos instrumentos al subsistema SIG
9. Implantar el generador de reportes del SIME
10. Curso de capacitación
11. Integrar la funcionalidad de seguridad en el módulo SIRCE

11815.- PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA SISE (03 de abril al 31 de diciembre de 2001).

Actividades:

1. Integración de todos los módulos en el SISE
2. Apoyo en el proceso de carga de datos al SISE
3. Capacitación al personal de la GEIC
4. Mejoramientos del programa de graficación del SISE
5. Implementación de un sistema de administración de los datos generados por el módulo CAPTURA
6. Implantación del manejo de límites de plausibilidad

12116 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO Y MEJORAS AL SISE (16 de julio al 31 de diciembre de 2001).

Actividades:

1. Requerimientos
2. Mantenimiento al SISE
3. Administración del SISE
4. Mejoramiento del programa de graficación
5. Mejoramiento de los mecanismos de comunicación
6. Capacitación

12496 INTEGRACIÓN DEL SISE A UN AMBIENTE JAVA (19 de mayo al 16 de diciembre de 2003).

Actividades: SISE JAVA

1. Arquitectura general
2. Características generales
3. Estructura de los programas del SISE

4. Archivos de enlace.
5. Catálogo de obras
6. Catálogo de instrumentos
7. Fichas de instrumentos
8. Módulo para cargar información
9. Consulta de datos de instrumentos
10. Repositorio de imágenes
11. Usuarios del sistema
12. Administrador de usuarios
13. Administrador de informes

12621 DESARROLLO DE HERRAMIENTAS WEB Y PROGRAMACIÓN DE MÓDULOS COMPLEMENTARIOS (01 de marzo al 30 de septiembre de 2004).

Actividades:

1. Introducción
2. Catálogo de obras
3. Catálogo de instrumentos
4. Fichas de instrumentos
5. Módulos para cargar información
6. Consulta de datos de instrumentos
7. Repositorio de imágenes
8. Catálogo de usuarios
9. Administración de usuarios
10. Administrador de informes
11. Comportamiento de estructuras
12. Inspecciones, diagnóstico y seguimiento de anomalías
13. Administración del registro sísmico
14. Portal WEB del SISE: módulo de obras, de boletines y de instrumentos

12865 DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE MÓDULOS DE MANEJO DE INFORMACIÓN, MÓDULOS DE GRAFICACIÓN Y MÓDULOS COMPLEMENTARIOS PARA OBTENER LA VERSIÓN FINAL DEL SISE. (01 de marzo al 27 de octubre de 2005).

13081 DESARROLLO DE FUNCIONES PARA GENERACIÓN DE REGISTROS DE CALIDAD, ESTADÍSTICAS Y ADMINISTRACIÓN DEL SISE. (02 de enero al 02 de octubre de 2008).

Actividades: SISE

1. Catálogo de usuarios
2. Administrador de informes
3. Consulta y edición de datos de instrumentos

JAVA

1. Introducción
2. Estructura del módulo
3. Operación del módulo
4. Interfaz del módulo
5. Tipos de instrumentos
6. Principales procedimientos de trabajo
7. Migración de bases de datos

13595 INCORPORACIÓN AL SISE DE NUEVOS INSTRUMENTOS Y LA CREACIÓN DE UNA INTERFACE PARA ALMACENAR DATOS OBTENIDOS DE UNA ESTACIÓN VÍA REMOTA (28 de julio de 2008 al 18 de mayo de 2009).

Actividades:

1. Estudio y caracterización del comportamiento de nuevos tipos de instrumentos
2. Integración en CAPTURA de los límites de plausibilidad
3. Interfaz para la transferencia de información
4. Adaptaciones y adecuaciones al SISE

5. Soporte técnico
6. Informes
7. Actualización de manuales
8. Actualizar el sistema en la CFE
9. Seguimientos del buen comportamiento del sistema
10. Curso de actualización
11. Coordinación del proyecto

.

Número	Nombre	Objetivo	Fecha de inicio	Fecha de término	Precio	Plataforma de
10649	Sistema de información para el manejo de datos obtenidos de los instrumentos colocados en las grandes presas y estructuras especiales de la CFE	Se implantó el programa CAPTURA, módulo de consulta, reporteador gráfico, módulo de ayuda, módulo de enlace con programas Lotus 123 o Excel, módulos de respaldo y recuperación de la información.	15/01/1996	30/01/1997	\$563,743.38	New Era de Informix
11065	Mantenimiento y mejoras del sistema de información de medición de estructuras	Se actualizó el catálogo de las centrales hidroeléctrica, se incluyó el manejo imágenes (vistas adicionales). Al módulo de instrumentos se incorporó el concepto de "modelos" para un mismo tipo de instrumento. Se actualizaron las bases de datos para organizar los tipos de instrumentos en grupos. (Se dividieron en 4 grupos). Se implantó el manejo de notas y eventos relevantes y se implantó la función de multicaptura de datos para un solo tipo de instrumento en el programa CAPTURA.	01/06/1997	30/11/1997	\$653,744.40	New Era de Informix
10880	Desarrollo de un sistema para la capacitación en el uso y procesamiento de los datos de los aparatos utilizados en el control de desplazamiento de presas	Desarrollo de un sistema para la capacitación del personal en el uso y operación de los instrumentos para realizar las mediciones de los parámetros de comportamiento estructural de las diferentes obras de una central hidroeléctrica.	01/01/1997	31/12/1997	\$0.00	New Era de Informix
11066	Sistema de información para manejar planos e imágenes de las obras generadoras de energía eléctrica de la CFE	Se implantó un sistema para el manejo de planos e imágenes asociado a cada obra. Se implantó un módulo en AutoCAD para el manejo de planos instrumentados.	01/06/1997	31/03/1998	\$902,875.00	New Era de Informix
11141	Primera etapa del Sistema para el manejo de datos de los reportes de inspección de obras civiles de centrales generadoras	Se programó el módulo para captura y manejo de los datos generados por las brigadas de inspección de las obras. Se diseñaron formatos tipo check list para cada una de las estructuras a revisar. Se incluyó en el módulo funciones para generar (en función de los resultados de inspección) un diagnóstico de manera automática el estado actual de las presas.	01/04/1998	28/02/1999	\$1,183,898.00	New Era de Informix
11144	Implantación de los módulos central de interfase y de reportes de comportamiento para el SISE	Se implantó el programa SIRCE para la búsqueda y consulta de informes. Actualización de los subsistemas SIME y SIG a la nueva versión de NewEra 3.11 incluyendo nuevos tipos de instrumentos y mejoras.	01/03/1998	31/12/1998	\$55,178.94	New Era de Informix
11628	Programa de integración del Sistema de Seguridad de Estructuras SISE	Se realizaron las interfaces de todos los módulos para integrarlas al sistema de información de estructuras. Se actualizó la base de datos para manejar la información adicional de todas las centrales generadoras, edificios y otras obras. Se incorporó al SISE el sistema SIG para consulta de instrumentos a través de planos realizados en AutoCAD. Se desarrolló e integró el módulo de Auditoría, se incorporaron los programas de inspecciones y diagnósticos.	01/03/1999	31/03/2000	\$1,449,647.18	New Era de Informix
11629	Mantenimiento y mejoras del SISE	Se actualizaron los módulos Consulta y Captura del Subsistema SIME. Actualización inmediata y transparente de los procedimientos de cálculo de los tipos de instrumentos de medición.	01/04/1999	31/12/1999	\$47,718.34	New Era de Informix

Tabla 3.1. Cronología del desarrollo del proyecto tecnológico SISE

Número	Nombre	Objetivo	Fecha de inicio	Fecha de término	Precio	Plataforma de
11815	Programa de mantenimiento al Sistema SISE	Mantenimiento a los módulos del SIME, SIG, SISE y CAPTURA. Apoyo en el proceso de carga de datos. Mejoramiento del programa de graficación. Se implementó un sistema de administración de los datos generados por el programa CAPTURA.	03/04/2001	31/12/2001	\$41,675.24	New Era de Informix
11816	Desarrollo e integración de los subsistemas para el manejo de los resultados de análisis de elemento finito y generador automático de informes de comportamiento de estructuras de las obras civiles	Se desarrolló el módulo para manejar los resultados de análisis de elemento finito y el módulo para elaborar informes del comportamiento estructural de las obras civiles y su integración al SISE.	02/05/2000	15/12/2000	\$0.00	New Era de Informix
12116	Programa de mantenimiento al Sistema SISE (2001)	Se dio mantenimiento de los módulos que integran el sistema con la finalidad de mejorar el funcionamiento, incluyendo la incorporación de mejoras de despliegue gráfico de datos y las migraciones a las versiones más recientes del software del servidor (IDS 2000). Se dio soporte técnico y capacitación en el uso del SISE al personal de la CFE.	16/07/2001	31/12/2001	\$980,442.18	New Era de Informix
12496	Desarrollo de reingeniería para integrar al Sistema de Seguridad de Estructuras (SISE) en un ambiente de aplicación JAVA con arquitectura Cliente/Servidor	Se desarrolló una nueva versión del SISE que sustituyó el código del software obsoleto (newEra) y se generó el código necesario para que el Sistema funcione en las nuevas plataformas de Windows 2000 y Windows XP.	19/05/2003	16/12/2003	\$1,999,184.00	Web Sphere Application Developer (JAVA)
12621	Desarrollo e implantación de herramientas WEB y programación de módulos complementarios del SISE	Se implantó el módulo de consulta en WEB. Se desarrolló el módulo para el manejo de los datos del acelerógrafo, se realizó la reingeniería de los módulos de inspecciones, diagnósticos y anomalías. Así mismo, se incluyó un programa de mantenimiento del Sistema.	01/03/2004	30/09/2004	\$2,590,188.39	Web Sphere Application Developer (JAVA)
12865	Desarrollo e implantación de módulos de manejo de información, módulos de graficación y módulos complementarios, para obtener la versión final del sistema de información de Seguridad de Estructuras	Se desarrolló la reingeniería del programa gráfico de módulo consulta, adicionándole funciones que no se tenían en la versión anterior. Se implantó el módulo para el manejo de repositorio de documentos y el módulo para el control de revisiones de informes técnicos. Se desarrolló el módulo para el manejo de análisis numérico de estructuras. Se desarrolló un nuevo módulo para la gestión de usuarios de la SSE.	01/03/2005	27/10/2005	\$1,972,270.36	Web Sphere Application Developer (JAVA)
13081	Desarrollo e implantación de funciones para generación de registros de calidad, estadísticas y admon del SISE				\$1,208,308.00	
13595	Incorporación al SISE de nuevos instrumentos y la creación de una interface para almacenar datos obtenidos de estaciones vía remota	Se incorporó al SISE la funcionalidad para captura, revisión, carga de datos y consulta de hasta 5 nuevos tipos de instrumentos. Se incorporó al programa de captura los límites de plausibilidad. Se incorporó al sistema las funciones que faciliten la captura e incorporación al SISE de los datos contenidos en la base de datos ARGUS. Se dio soporte técnico y de asesoría a usuarios del sistema para garantizar su operación satisfactoria.	28/07/2008	18/05/2009	\$1,150,000.00	Web Sphere Application Developer (JAVA)
TOTAL					\$14,798,873.4	

Tabla 3.1. (Continuación). Cronología del desarrollo del proyecto tecnológico SISE

3.8 Identificación de riesgos y puntos críticos.

Los principales riesgos y puntos críticos que pudieron afectar la ejecución del programa de trabajo fueron:

Falta de presupuesto

Las aportaciones económicas al IIE dependían de la aprobación de la Subdirección Técnica de CFE. Aunque, cabe destacar que la SSE-GEIC mantuvo disponibilidad en los recursos asignados humanos y económicos asignados a estos proyectos durante los 14 años de su desarrollo y mantenimiento

Rechazo del personal

Uno de los problemas que enfrentó la implantación del SISE fue la falta de interés de los usuarios para utilizarlo, ya que estaban acostumbrados a métodos de trabajo establecidos previamente.

Integración de los módulos

La modificación del esquema de la base de datos podría provocar varios cambios en el código fuente. Los cambios que surgieron en el proceso de integración provocaron variaciones en la lógica de los programas, lo que repercutió en el retraso de tiempos de ejecución del sistema SISE

Cambio en la tecnología informática

La reprogramación de algunos subprogramas debido a la discontinuidad que Informix hizo con su herramienta de desarrollo NewEra. Aunque desde el arranque del diseño del sistema se previó que podrían surgir estos cambios, el desarrollo se realizó en

capas y se utilizó el Lenguaje de programación Java, esto facilitó la migración hacia otros sistemas operativos o hacia nuevas plataformas.

El crecimiento en la cantidad de los datos y el no contar con la infraestructura necesaria para el acceso, almacenamiento y seguridad de la información.

3.8.1 Gestión de cambios, imprevistos y riesgos identificados

La metodología utilizada para gestionar los cambios y riesgos durante el desarrollo del proyecto SISE, consistió en:

- Reuniones de seguimiento con el socio tecnológico (IIE)
- Revisión, discusión y acuerdos en las actividades para la continuidad de los contratos a lo largo del periodo de desarrollo.
- Retroalimentación de los usuarios del sistema SISE después de un periodo de prueba determinado. Cuando los cambios eran complejos y significativos, como es el cálculo, se dio un tiempo de prueba mayor (de 1 a 2 meses) y cuando eran cambios de diseño eran en una semana. Un día antes del periodo de prueba se notificaba a los usuarios.
- Actualmente el respaldo de la base de datos SISE se realiza una vez a la semana, se guardan copias en arreglos NAS y en DVD.

3.8.2 Estructura organizativa y de personal.

La Estructura Organizacional para el desarrollo del SISE por parte de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras aparece en la Figura 3.15.

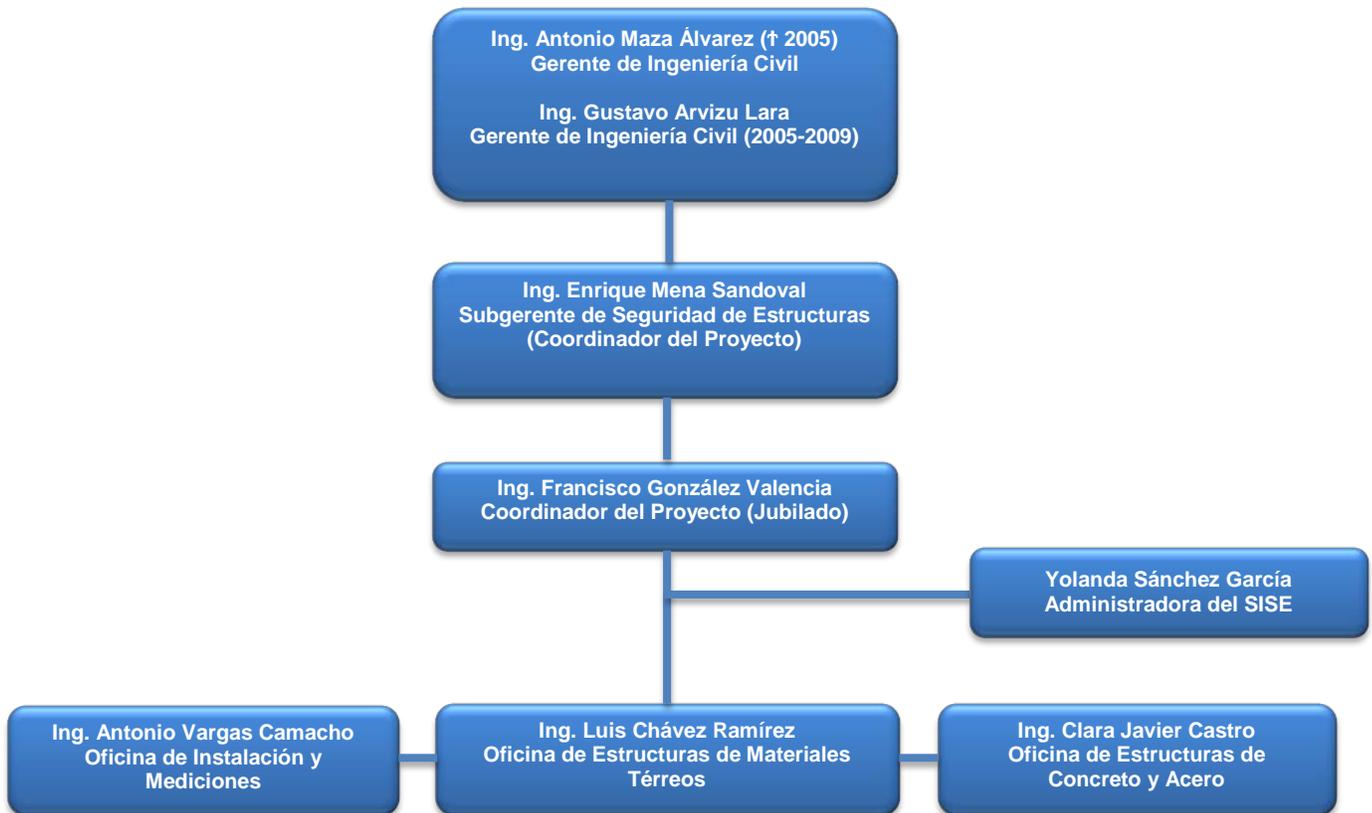


Figura 3.15. Organización de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras

3.8.3 Control del programa de trabajo.

El coordinador del proyecto y la encargada de Informática fueron los responsables de dar seguimiento a las actividades y el avance de cada etapa del proyecto. Para ello se basaron en los programas de trabajo acordados y en los informes parciales del grupo desarrollador.

Se realizaron reuniones de seguimiento donde los responsables del desarrollo del proyecto, por parte del IIE y la SSE elaboraron bitácoras en las que se documentaban

los cambios realizados y cualquier otro aspecto que afectara el desarrollo del proyecto.

Se entregaron informes bimestrales del avance del proyecto, así como un informe final. La medida de control financiero fueron las estimaciones presentadas por el IIE a la CFE.

Capítulo 4

RESULTADOS OBTENIDOS DEL SISE

Capítulo 4

RESULTADOS OBTENIDOS DEL SISE

4.1 Beneficios del Proyecto

Al término del proyecto SISE, la SSE-GEIC-CFE contó con un sistema de información para resolver sus necesidades internas y externas en materia de seguridad de estructuras; realizando sus procesos con mayor calidad, eficiencia, oportunidad y confiabilidad. Hoy en día, el proyecto brinda al personal técnico especializado una herramienta tecnológica adecuada para capturar, procesar y respaldar datos de instrumentación geotécnica, topográfica, estructural y sísmica; consultar la información relevante de las estructuras en estudio: planos, imágenes, informes y documentos técnicos; manejar registros sísmicos; y llevar un control adecuado de los informes de inspección y del seguimiento de anomalías.

Las mejoras descritas ayudan al ingeniero especialista a analizar el comportamiento de las estructuras y dictaminar sobre su seguridad en forma oportuna. Los informes técnicos realizados proporcionan a las autoridades información confiable para una mejor toma de decisiones, concernientes a la operación y el mantenimiento de 20 centrales de generación hidroeléctrica y 40 termoeléctricas de la CFE; además de brindar atención a clientes externos, principalmente a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) quien opera la mayor infraestructura hidráulica del país.

Beneficios Económicos.

El cálculo del costo o inversión y beneficio en miles de pesos se indica en la tabla 4.1, donde se incluye el periodo de desarrollo del proyecto a partir del año 2000, y una proyección futura hasta el año 2015.

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Cifras en miles de pesos mexicanos

SISE		2000									Proyección a futuro						SUMAS	
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015
BENEFICIOS	INVERSIÓN CON EL IIE	-4950	-1022	0	-1999	-2590	-1972	-1208	0	-1150		-150	-200	-150	-200	-150	-200	-15942
	INVERSIÓN GEIC (COSTOS)	-1914	-307	378	-600	-777	-592	-362	-294	-345	-115	-45	-60	-45	-60	-45	-60	-5243
	INGRESOS		1300	2600	2600	2700	3700	4100	3800	2900	2850	3000	3450	3968	4563	5247	6034	52811
	COSTO EVITADO POR DISMINUCIÓN DE PRIMA DE									11282490			5641245					
	COSTO EVITADO CASO DE SINIESTROS		8949	10292	11835	13611	15652	18000	18000	20000	20000	30000	30000	40000	40000	50000	50000	376339
FLUJO NETO		-6864	8920	13270	11836	12943	16788	20529	21506	11303895	22735	32805	5674435	43773	44303	55052	55774	17331700
TOTAL		2000									Proyección a futuro						SUMAS	
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014		2015
INVERSIÓN TOTAL		-6864	-1329	378	-2599	-3367	-2564	-1571	-294	-1495	-115	-195	-260	-195	-260	-195	-260	-21185
BENEFICIOS		0	10249	12892	14435	16311	19352	22100	21800	11305390	22850	33000	5674695	43968	44563	55247	56034	17352885
FLUJO NETO		-6864	8920	13270	11836	12943	16788	20529	21506	11303895	22735	32805	5674435	43773	44303	55052	55774	17331700
VPN Anual		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
VPN Anual		-6864.00	7964.67	10578.41	8424.88	8225.73	9526.09	10400.73	9728.22	4565453.60	8198.47	10562.33	1631264.47	11235.31	10153.02	11264.73	10189.71	
Tasa de descuento		12%																
VPN Final		6316306.38																
VPN Anual con TIR		-6864.00	2967.41	1468.39	435.71	158.49	68.39	27.82	9.69	1694.98	1.13	0.54	31.32					0.00
VPN Final con TIR		-0.12																
TIR Final		200.61%																

Tabla 4.1. Análisis costo beneficio para el desarrollo del proyecto SISE.

Beneficio por ingresos. Aquellos generados con la capacidad instalada sobrante del sistema; es decir, una vez que fueron atendidas todas las necesidades de CFE, la capacidad del sistema que permite que la GEIC lo aproveche para vender servicios a clientes externos como CONAGUA. Desde que inició el proyecto y en sus primeras etapas le permitió empezar a incursionar con clientes externos con un ingreso de casi millón y medio de pesos, hasta lograr en la conclusión del proyecto un total de casi 24 mdp acumulados (prácticamente se autofinanció con el costo evitado a CFE).

Con la flexibilidad que ofrece el sistema se proyecta para los próximos seis años un ingreso adicional mínimo de 29 mdp a clientes externos.

Beneficio por costo evitado por disminución de prima de reaseguro. Este costo se refiere a la disminución en el valor de las instalaciones de generación estimado por las compañías de reaseguro internacionales. Este valor se disminuyó gracias a la Evaluación del Riesgo realizada en 2005 por las Gerencias de Estudios de Ingeniería Civil, Seguridad Industrial y de Ingeniería Civil de la CFE.

Antes de contar con el SISE el valor de pérdida de las estructuras, debido a su riesgo, era mucho mayor por lo que el porcentaje a pagar por prima de reaseguro era del 25%; al término del proyecto la información contenida en el SISE fue suficiente para realizar el cálculo de riesgo, de tal forma que permitió tomar acciones preventivas. El valor de pérdida de la central disminuyó considerablemente, y con ello la prima de reaseguro hasta un 12%. En la tabla 4.2 se muestra el cálculo correspondiente.

Este tipo de ahorro sólo se puede volver a presentar cada que se incorpore una central al sistema ya sea de reciente construcción o de las que aún no se integran al proyecto, éste ha sido proyectado con base a los programas de obra y el tiempo que requeriría incorporar los instrumentos al SISE que para 2012 se tendría al menos 5, 600 millones de pesos de ahorro por dicho concepto.

Cifras en miles de dólares

	antes SISE		después de SISE		diferencia	Centrales incorporadas al SISE
	valor de la central	pago de reaseguro 25%	valor de la central	pago de reaseguro 12%		
Sistema Sureste	950000	237500	450000	54000	183500	7
Sistema Balsas	700000	175000	490000	58800	116200	7
Sistema Golfo	780000	195000	540000	64800	130200	8
Las centrales restantes	2280000	570000	1368000	164160	405840	38
Totales		1177500		341760	835740	60

miles de dólares

cifras en pesos tomando el dólar a \$13.5

\$ 11,282,490 miles de pesos

\$ 5,641,245 miles de pesos de ahorro si se incorporaran las centrales restantes de

Fig. 4.2 Análisis costos evitados por disminución de primas de reaseguro.

Beneficio por costo evitado en caso de siniestros o eventos se refiere a aquella cantidad de dinero que se ahorra a CFE por pago de mantenimiento correctivo mayor o reparaciones a consecuencia de un siniestro o evento, es decir, al contar con información de la situación de riesgo de las 40 termoeléctricas y 20 hidroeléctricas se pueden tomar acciones preventivas a tiempo que eviten que ocurra un siniestro. Esto se calculó con términos de probabilidad de riesgo, en donde desde sus primeras etapas el proyecto podía apoyar a prevenir casi nueve millones al año a CFE y al término del proyecto se calcula un costo evitado de 20 millones para la CFE (2008) directamente al cliente de Generación, ya que al contar con información valiosa para la toma de decisiones oportuna, se puede prevenir un desastre o siniestro ocasionado por falta de mantenimiento a alguna estructura.

Como ejemplo de lo que puede ocurrir en caso de no tomar en cuenta estas acciones, recientemente el operador de un canal abierto para drenaje considerado de alto riesgo, ubicado al oriente del Valle de México, en donde se invirtieron 5 millones de pesos anuales en seguridad de estructuras desde el año 2000, en el 2009 no se realizó la inversión por lo que no se contó con información oportuna y confiable para evitar daños importantes durante la temporada de lluvias. Los daños ocasionados casi provocan la falla estructural y su costo de reparación se estima en 50 millones de pesos.

Continuando con la discusión de cómo ha repercutido la implantación del SISE, con el análisis de las bases de datos contenidas en el sistema se logró estimar que la probabilidad de que ocurra un siniestro o evento mayor en alguna de las estructuras de CFE (termoeléctricas o hidroeléctricas) es de dos eventos al año (si no se hace nada en cuanto a su mantenimiento preventivo o correctivo oportuno) y cada uno de esos eventos está calculado en 10 millones de pesos, por lo que el costo evitado a CFE anual es de 20 millones de pesos.

Sin embargo, las estructuras están bajo las siguientes condiciones que van incrementando paulatinamente su probabilidad o riesgo de falla:

- Envejecimiento de la infraestructura
- Presencia de eventos naturales extraordinarios
- Crecimiento demográfico que aumenta el riesgo de daños a la población y sus propiedades

Dadas estas condiciones, se calcula que dentro del universo de estructuras de CFE, la ocurrencia de un siniestro puede aumentar en un evento más cada dos años; es decir, gracias a la información que se tiene, se proyecta que para los próximos seis años, CFE tiene la capacidad de tomar las medidas necesarias para mitigar el impacto de un siniestro o evento a nivel nacional en las presas y que este puede prevenirse a tiempo por una oportuna toma de decisiones.

Se resume que para el periodo 2009-2015 podrían ocurrir los siguientes eventos (mismos que pueden mitigarse o evitarse oportunamente por la información generada en el SISE):

Año	Número de eventos	Costo evitado a CFE (mdp)
2009	2	20
2010	3	30
2011	3	30
2012	4	40
2013	4	40
2014	5	50
2015	5	50

4.2 Estimación de costos (inversiones).

La inversión con el IIE, es aquella erogada por aportaciones al IIE a través de convenios de colaboración para el desarrollo de ingeniería conjunta del proyecto. Presupuesto previamente acordado entre las áreas técnicas de ambas partes. A partir del 2009 la inversión se reduce considerablemente ya que sólo se toman en cuenta algunos trabajos de mantenimiento general del sistema. El monto total de inversión por este concepto en miles de pesos es de 15,942

La inversión relacionada al costo directo de la GEIC asociado al proyecto incluyó el tiempo de los profesionistas a cargo del SISE de manera interna, tales como la encargada de informática y los ingenieros que dirigían los cálculos, supervisores y ejecutores. A partir del 2009 se calculó un costo mucho menos porque el trabajo de desarrollo ya había terminado, sólo son costos de mantenimiento del sistema. Este presupuesto provino directamente del gasto corriente anual asciende a 5,243 miles de pesos.

4.2.1 Financiamiento.

- Aportaciones de CFE al IIE (valor de los contratos)
- Gasto corriente para el personal de CFE involucrado, incluyendo instalaciones, materiales, software, viáticos, tiempo extra, alimentos.
- Gasto de inversión Hardware y comunicaciones.

4.2.2 Estandarización.

- Guías técnicas CFE institucionales Seguridad de Centrales Hidroeléctricas y Termoeléctricas.
- Nuevos procedimientos del área. Gracias a esa estandarización entra en gestión de calidad.

4.3 Plan de explotación de resultados

4.3.1 Identificación de un nuevo producto o proceso

Derivado del desarrollo del proyecto SISE, se identificaron las siguientes oportunidades de desarrollo de nuevos productos o servicios:

Nuevos acuerdos con clientes internos y externos.

Al contar con la posibilidad de atender mayor número de proyectos, incorporar nuevos tipos de instrumentos y gestionar de mejor manera la información relativa a la seguridad de estructuras de la SSE. Es posible presentar a los clientes internos y externos propuestas de atención de nueva infraestructura. El sistema SISE da certidumbre al cliente de un manejo adecuado de la información, ofreciendo confidencialidad, oportunidad y confiabilidad.

Servicio de estudios integrales de riesgo

La información del SISE ha servido para que, a partir del año 2005, la SSE-GEIC participe de manera conjunta con las Gerencias de Seguridad Industrial y de Ingeniería Civil de la CFE en los estudios de riesgo de los principales Sistemas Hidroeléctricos del país: Grijalva, Balsas- Santiago y Papaloapan. Estos estudios han permitido al área de Generación de la CFE contar con una evidencia documental, respaldada en metodologías y sistemas como el SISE reconocidos internacionalmente, para negociar las primas de reaseguro permitiendo un ahorro anual de decenas de millones de pesos.

Atención de emergencias

La Subgerencia de Seguridad de Estructuras, siempre ha contribuido a la atención de emergencias en caso de eventos extraordinarios como sismos, lluvias intensas o accidentes. El uso de la herramienta tecnológica SISE, aunado a la experiencia del personal técnico especializado ha permitido contar con mayor capacidad instalada para atender eficientemente las emergencias presentadas hasta el momento con oportunidad y calidad.

Sustitución de Laptops por PDAs o Tabletas Digitales

Al estar familiarizado el personal de las brigadas con el programa Captura y al observar que cada vez es más difícil el contar con equipo portátil Laptops debido a las nuevas políticas de no adquisición de bienes informáticos que se han estado teniendo en la CFE desde hace un año, se propone el uso de PDA (Personal Digital Assistant) o de uso rudo, o tabletas digitales, para sustituir a las Laptops, en este caso se tendría que desarrollar el Captura para utilizarlo en este ambiente.

Las ventajas de usar estos dispositivos son varias, como por ejemplo su fácil portabilidad, esto ayudaría a que el personal de la brigada pueda llevar el dispositivo hasta los instrumentos que requiere medir, con las siguientes ventajas:

- Minimizar el margen de error en las mediciones al evitar tomar los datos en libretas y después pasarlos al equipo de cómputo.
- Transmitir datos desde el sitio de forma inalámbrica Wi-Fi hacia los ingenieros especializados.
- Disminuir las continuas descomposturas de las Laptops por culpa del medio ambiente (excesivo calor y humedad).

- El software es 100% compatible.
- La batería dura 4 veces más que la de una Laptop

Migración total del sistema a ambiente WEB

Se propone la migración del SISE hacia el ambiente WEB en su totalidad. Los beneficios pueden ser que esta aplicación podría estar disponible, con sus debidos controles de niveles de usuarios, en toda la CFE, además las herramientas de desarrollo y graficación que existen no tienen costo o es mínimo.

4.3.2 Mercado potencial

Mercado interno, se refiere a las centrales de generación de la CFE actuales, en construcción y futuras.

Mercado externo

- Organismos operadores de infraestructura en el país, principalmente CONAGUA.
- Participación de la SSE-GEIC en proyectos internacionales de infraestructura. (Actualmente en Ecuador)
- Productores Externos de Energía, operadores de centrales de generación que requieren los servicios de evaluación y seguimiento de la seguridad estructural.

4.3.3 Replicabilidad potencial.

Aunque técnicamente es posible replicar el sistema SISE, no se visualizó la necesidad de hacerlo, ya que su funcionamiento en oficinas centrales de la SSE-GEIC

conjuntamente con el uso de tecnologías de comunicación a larga distancia, no hace necesaria su replicabilidad dentro de la CFE.

El proyecto puede venderse como servicio integral de seguridad de estructuras a clientes externos como la CONAGUA, PEMEX, METRO, etc.

4.3.4 Explotación económica

La explotación económica derivada de la aplicación del sistema SISE sólo involucra a la SSE- GEIC, sin socios estratégicos. Esto es posible gracias a la capacidad de la GEIC para atender proyectos multidisciplinarios debido a la variedad de especialidades técnicas con las que cuenta y a su infraestructura física y humana distribuida en la República Mexicana.

4.3.5 Inversión y financiamiento

La CFE con gasto corriente y de inversión se encargaría del mantenimiento y expansión del sistema tecnológico SISE.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Es de gran importancia para la CFE instrumentar las presas para conocer en lo posible su comportamiento y evitar pérdidas que pueden ser muy graves en cuanto a vidas humanas y bienes materiales.

Con las consideraciones mencionadas podemos afirmar que el proyecto ha repercutido en un beneficio económico para la empresa, ya que después de descontar la inversión inicial y de mantenimiento de 21.5 mdp al momento de su terminación en 2009, se ha calculado que las utilidades para CFE de este desarrollo al año 2015, serán del orden de 17,331 mdp (flujo neto).

Por lo que la GEIC consideró que es un excelente proyecto que a CFE le reedita su inversión y ayuda a vigilar uno de sus principales objetivos organizacionales, su infraestructura, para asegurar la continuidad del suministro eléctrico. Lo más importante es que el SISE es una herramienta que contribuye al seguimiento y evaluación de la misma, lo que repercute directamente en el aseguramiento de la integridad de la comunidad de influencia de una central, incluyendo a sus operadores; además de proporcionar información para el diagnóstico de su comportamiento, así como evitar desastres y paros económicos por interrupción de energía.

Para determinar la seguridad de una Presa no basta con una instrumentación adecuada, existen otros factores importantes que no se pueden determinar con los instrumentos ya que estos son muy locales, se requiere de inspecciones visuales y continuas con personal especializado capaz de determinar alguna anomalía o un riesgo potencial que no determinen los instrumentos

En el servicio de seguridad de estructuras, el prestigio en el medio de servicios de ingeniería es muy importante. La realización de los trabajos con calidad, gracias a las capacidades del personal y las herramientas tecnológicas como el SISE, la inclusión de nuevas tecnologías en todas las áreas de ingeniería aplicada, en este caso en telecomunicaciones, electrónica, informática, etc., proporciona a los usuarios y por ende a los clientes, la confianza necesaria para nuevas oportunidades de colaboración

GLOSARIO

GLOSARIO

CFE:

Comisión Federal de Electricidad

GIT:

Gerencia de Informática y Telecomunicaciones (ahora Gerencia de Tecnologías de la Información (GTI))

GEIC:

Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil

SSE:

Subgerencia de Seguridad de Estructuras

SISE:

Sistema de Información de Seguridad de Estructuras

MODELO CLIENTE/SERVIDOR:

IBM define al modelo Cliente/Servidor. "Es la tecnología que proporciona al usuario final el acceso transparente a las aplicaciones, datos, servicios de cómputo o cualquier otro recurso del grupo de trabajo y/o, a través de la organización, en múltiples plataformas. El modelo soporta un medio ambiente distribuido en el cual los requerimientos de servicio hechos por estaciones de trabajo inteligentes o "clientes", resultan en un trabajo realizado por otros computadores llamados servidores".

BASE DE DATOS:

Conjunto de datos interrelacionados con redundancia, controlados para servir a una o más aplicaciones; los datos son independientes de los programas que los usan.

SISTEMA

Conjunto o disposición de elementos que están organizados para realizar un objetivo predefinido procesando información.

INTERFAZ:

Es el medio de comunicación entre el hombre y la máquina. Posibilita al usuario a llevar a cabo todas las tareas definidas por el sistema.

MONITOREO:

Metodologías y técnicas de control y observación. Tiene mucha aplicación en sistemas de seguridad y control.

PRESAS:

Las presas son barreras artificiales que están construidas generalmente con materiales térreos o a base de concreto con la finalidad de controlar o de almacenar agua para una gran variedad de usos. Se pueden colocar a través de una corriente de agua o fuera del cauce, y su altura puede variar desde unos cuantos metros hasta más de 300, mientras que la longitud de su corona puede ser de varios kilómetros.

ICOLD:

La Comisión Internacional de Grandes Presas (International Commission on Large Dams – ICOLD), es una ONG internacional que provee un foro para el intercambio de conocimientos y experiencias en ingeniería de presas. Esta Organización dirige sus acciones a asegurar que las presas sean construidas de manera segura, económica y sin provocar efectos perjudiciales al medio ambiente.

REFERENCIA

REFERENCIA

CASTELÁN, José Gilberto, GONZÁLEZ, Javier, PEÑA, Gregorio. “Diseño e implementación de un sistema de señalización para la instrumentación de la Central Hidroeléctrica Zimapán, Hgo.” UNAM, FI, 1996.

Manual para capacitación en Seguridad de Presas. Módulo: Instrumentación para presas de materiales graduados y de concreto. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Julio 2010.

PRESSMAN, Roger S. Ingeniería de Software. Un enfoque práctico. 5a edición. Adaptación Darrel Ince. Editorial Mc Graw Hill.

GONZÁLEZ, José Francisco. Instrumentación de Obras Hidroeléctricas. CFE. México. 1993

GONZÁLEZ, José Francisco. Diseño, instrumentación y seguridad de presas. CFE. México. 1993

DUNNICLIFF, John. Geotechnical Instrumentation for Monitoring Field Performance. A Wiley-Interscience publication. 1988

FUENTES, Javier. Curso ANEI Instrumentación. México. 2012

<http://www.cfemex.com/Paginas/Default.aspx>, Intranet de CFE. (Fecha de Consulta: Abril, 2013)

<http://k1000d.cfemex.com/portal/modulos/mac/index.htm>. Intranet de la GEIC. CFE. (Fecha de Consulta: Abril, 2013)

GONZÁLEZ, José Francisco. Geotecnia en Ingeniería de Presas, INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGÍA DEL AGUA, Cap. 16 Instrumentación de Presas de Materiales Térreos (varios autores). México, 2001.

ANEXO I

**CARACTERÍSTICAS GENERALES DE
LOS MÓDULOS DEL SISE**

I. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS MÓDULOS DEL SISE

Cada obra tiene asociado un conjunto de instrumentos que permiten monitorear el comportamiento físico de las estructuras que la conforman; cada instrumento genera datos (resultado de las lecturas) que son analizados y preparados para integrarlos a la Base de Datos. En la figura I.1 se muestra la estructura jerárquica del SISE:

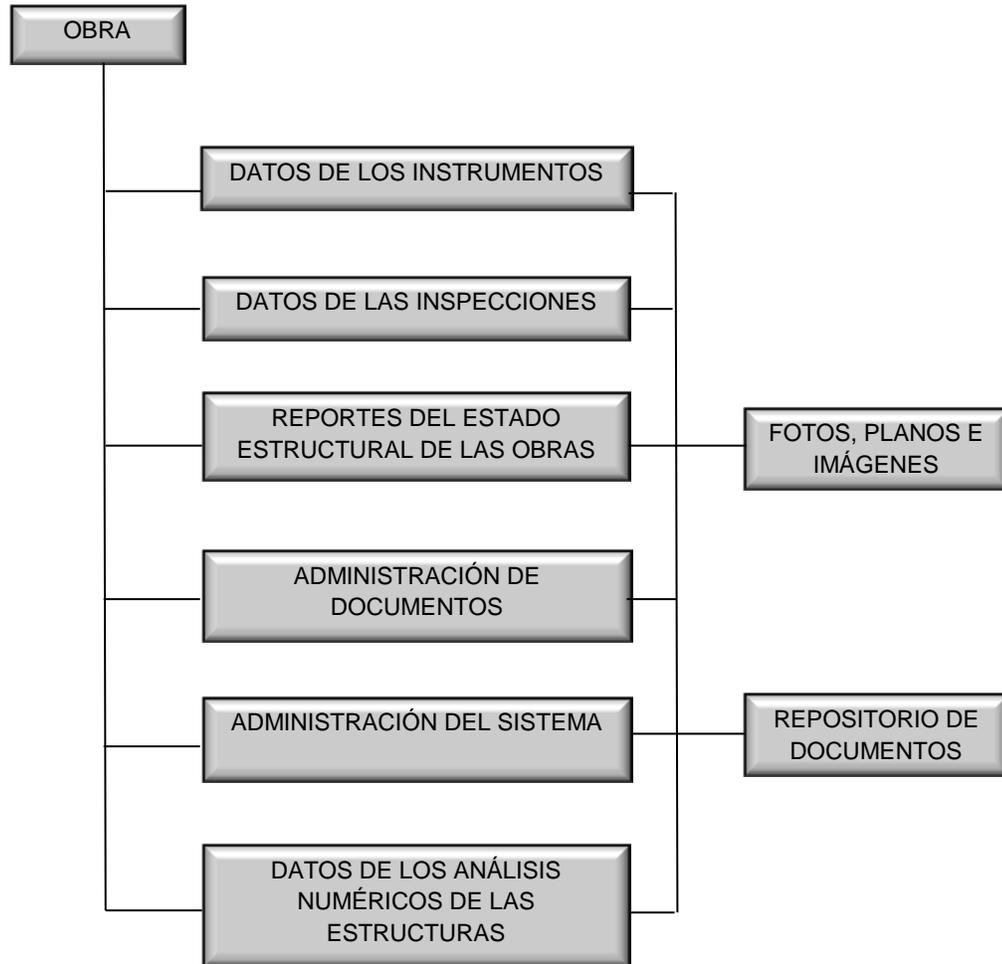


Fig. I.1 Estructura jerárquica del SISE

Los reportes sobre el estado estructural de las obras civiles de una central son documentos que genera el personal de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras, éstos son guardados en el sistema para consultas posteriores.

Adicional a la información alfanumérica, el sistema permite asociar cualquier cantidad de planos, imágenes, croquis y fotografías a cada uno de los módulos del SISE. Las imágenes y planos pueden ser en formatos raster o vector.

Como se mencionó, el SISE está integrado por un conjunto de funciones que se encargan de almacenar y manejar la información contenida en su Base de Datos. Estas funciones permiten a los usuarios del sistema la oportunidad de consultar, analizar, revisar numérica y gráficamente el comportamiento estructural de las obras de manera confiable y segura, de tal forma que permita emitir un juicio acertado sobre el comportamiento estructural de las obras civiles de las centrales generadoras.

Las funciones del SISE han sido agrupadas en un conjunto de módulos que se enlistan a continuación:

- *CATÁLOGO DE OBRAS*
- *CATÁLOGO DE INSTRUMENTOS*
- *FICHAS DE INSTRUMENTOS*
- *CARGA DE DATOS*
- *CONSULTA*
- *REPOSITORIO DE IMÁGENES*
- *REPOSITORIO DE DOCUMENTOS*
- *USUARIOS*
- *ADMINISTRACIÓN DE USUARIOS*
- *DOCUMENTOS*
- *REGISTROS SÍSMICOS*
- *COMPORTAMIENTO DE ESTRUCTURAS*
- *INSPECCIÓN, DIAGNÓSTICO Y ANOMALÍAS*
- *DATOS DE LOS ANÁLISIS NUMÉRICOS REALIZADO A LAS ESTRUCTURAS*
- *AYUDA DEL SISTEMA*

I.1 Catálogo de obras

El catálogo clasifica las obras en 4 categorías (Figura I.2):

- Centrales Hidroeléctricas
- Centrales Termoeléctricas
- Edificios
- Otras obras (Canales, taludes, etc)

Fig. I.2 Alta de una obra del Módulo Catálogo de Obras.

La información asociada a las obras está dividida en tres categorías:

1. **Información general de la obra:** contiene nombre, clave, nombre corto de la obra, tipo de obra, estado, municipio, latitud, longitud, potencia (para centrales generadoras), cortina (sólo para hidroeléctricas), comentarios generales y fotografías, croquis e imágenes.

2. Información adicional: Su información depende del tipo de obra:

- *Centrales Hidroeléctricas:* Información referente a la hidrología, embalse, desfogue, obra de toma, casa de máquinas, transformadores, geología, cortina, obra de excedencia, conducción, turbinas, generadores, subestación e instrumentación.
- *Centrales Termoeléctricas:* Información referente a los generadores de vapor, turbinas, generador eléctrico, transformadores, geología, condición del ciclo, condensador, ciclo de la turbina, subestación, estructura e instrumentación.
- *Edificios:* Dimensiones, tipo de construcción, zona sísmica, nombre del constructor, tipo de cimentación, tipo y fecha de reconstrucción, tipo de suelo, año de inicio de la instrumentación, motivo de la instrumentación e instrumentación.
- *Otras:* Tipo de obra, año de construcción y de instrumentación, motivo de la instrumentación y descripción general de la obra.

3. Reporte de la obra: Documento en formato .txt que se genera desde el programa con la información adicional de la obra.

El SISE dispone de funciones para agregar, consultar y actualizar los datos del catálogo de obras y permite asociar cualquier cantidad de imágenes, croquis o planos a las obras incluidas en el catálogo. Toda información que se quiera integrar al sistema, debe estar asociado a una obra, por consecuencia, esta obra debe formar parte del catálogo de obras (Figura I.3).



Fig. I.3 Catálogo de Obras

1.2 El catálogo de los instrumentos

El catálogo de instrumentos contiene la información de los tipos de instrumentos que la SSE utiliza para instrumentar las obras civiles de las centrales generadoras. La información contenida en este catálogo corresponde a las características propias de cada tipo de instrumentos (Figura I.4).

El número de tipos de instrumentos contenidos en el catálogo puede ser alterado a través de las funciones que contiene el SISE para su administración. Además de los datos asociados a los instrumentos del catálogo, el sistema permite asociar cualquier cantidad de imágenes a cada tipo de instrumento del catálogo.



Fig. I.4. Catálogo de Instrumentos

I.3 Fichas de los instrumentos

Este programa administra los datos iniciales de instalación de un instrumento como “**ficha de instalación del instrumento**”.

Un instrumento está compuesto por un nombre, p.ej. **celdas de presión**, un identificador único, p.ej. **CPR0123**, y un volumen de información, **lecturas** que genera a lo largo de su vida útil. Una lectura está asociada unívocamente a una fecha y hora, p.ej. **1997-10-30 14:24 año-mes-día hora:minuto**, de captura de sus datos. Es conveniente indicar que el sistema de información asocia estos instrumentos a la obra donde se realizó su instalación física. El sistema clasifica a las obras con un nombre, p.ej. **Central hidroeléctrica de Chicoasén** y una clave de tres letras, p.ej. **CHI**. En la tabla I.1 se puede observar esquemáticamente la definición de un instrumento en el sistema.

Obra	Clave	Tipo de Instrumento	Clave instrumento	Fecha de medición	Datos capturados
Chicoasén	CHI	Celda de presión	CPR0123	1997-10-30 14:24	Lectura

Tabla I.1 Definición conceptual de un instrumento

En cada obra, se tienen instalados un conjunto de tipos de instrumentos distintos, que dependiendo de la magnitud e importancia de la obra, oscilan entre 30 y 800 instrumentos. Una lectura puede estar compuesta por uno, dos, tres o hasta por varias decenas de datos (Figura I.5).

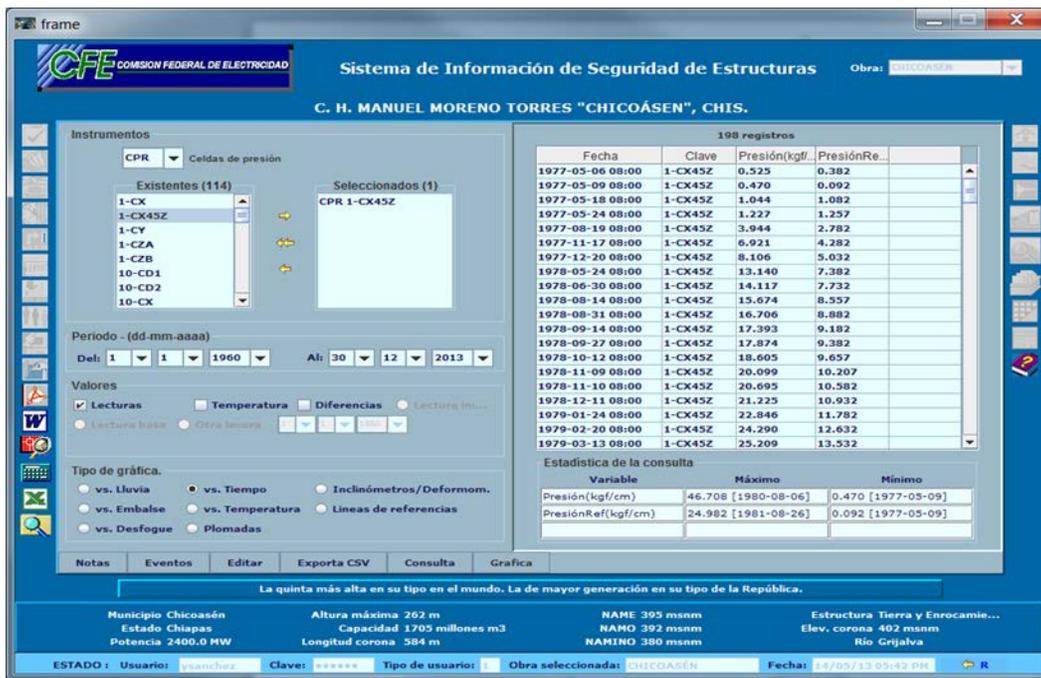


Fig. I.5 Ejemplo de tipos de instrumentos asociados a una obra. (Chicoasén)

El programa contiene las funciones necesarias para manejar (altas, bajas, cambios y consultas) las fichas de cada instrumento integrado en el sistema. Es importante señalar que para integrar un instrumento al sistema, su “tipo” debe estar definido en el catálogo de instrumentos, así mismo los datos generados por un instrumento no podrán ser integrados si la ficha de este instrumento no está dada de alta en el sistema.

I.4 Los usuarios del sistema

Los usuarios del sistema se debe entender como el personal que se encarga de utilizar las funciones del SISE. Los usuarios del sistema están clasificados en 5 categorías o niveles, en función de esta categoría es su responsabilidad en el uso del sistema (Figura I.6). A continuación se indican los cinco niveles de usuario disponibles en el sistema.

Administrador del sistema.- Este usuario es único, y tiene los privilegios más altos, es decir, el administrador tiene acceso a todas las opciones que se presentan en los distintos módulos que integran el sistema. Además, tiene acceso directo a la base de datos, a través del servidor.

Líderes.- Este usuario tiene prácticamente los mismos privilegios del Administrador, excepto que éste no puede utilizar las opciones de BAJA en los distintos módulos del sistema. No tiene acceso directo a la Base de Datos y no puede dar de alta a usuarios del sistema, no puede ver la BITÁCORA.

Usuario Avanzado.- El usuario avanzado, es la persona que a diario está trabajando con la información de la Base de Datos, genera reportes, revisa los datos, carga información a la Base de Datos, etc. Este usuario puede utilizar todos los módulos, pero en ellos no puede utilizar las opciones de BAJA, ALTA y los CAMBIOS son restringidos.

Usuario de Consulta.- Estos usuarios tienen operaciones de consulta, carga de información restringida sobre los datos.

Usuarios externos.- El usuario de consultas está diseñado para las personas ajenas al sistema, sólo pueden ver la información contenida en la Base de Datos.

Las opciones no disponibles para los usuarios, el sistema las inhibe automáticamente.

El módulo de usuarios tiene cinco funciones: Alta, Baja, Consultas, Cambios y Cambio de Contraseña.



Fig. I.6 Módulo Usuarios del Sistema

I.5 El programa administrador de usuarios

Durante el uso del sistema, se desarrollan operaciones que modifican los datos contenidos en la base de datos. Para llevar un control de este tipo de operaciones, se diseñó un conjunto de rutinas que registran las operaciones realizadas, el usuario que las realizó, y la hora en que fueron realizadas, además cuenta con los algoritmos necesarios para realizar la auditoria.

Solamente el usuario con prioridad de administrador puede acceder a las funciones de este programa.

I.6 Manejo de datos de los instrumentos

Cada obra particular tiene características físicas y de operación propias, lo que determina la cantidad y tipo de instrumentos asociados a ella. Por otro lado, cada instrumento genera diferentes cantidades de datos resultado de las lecturas efectuadas sobre él, esta cantidad varía dependiendo del tipo de instrumento de que se trate, de su ubicación en la obra, de los datos generados en cada observación y de la característica de uso del instrumento (manual o automático). Tanto las obras como los instrumentos asociados a ella están perfectamente identificados por una clave única.

El esquema de funcionamiento es el siguiente: las lecturas de los instrumentos colocados en las obras son leídas periódicamente de forma manual o automática. En forma manual, los datos de las lecturas son reportados en una forma impresa, si el instrumento produce automáticamente los datos, entonces, éstos se almacenan en un archivo en disco. Una vez que se tienen los datos, en caso de haber sido obtenidas manualmente, estas se registran en formatos impresos que son capturados, validados y almacenados en un disco con un formato predeterminado a través del programa **CAPTURA**. Este programa realiza con los datos, los cálculos para obtener las variables de comportamiento requeridas. Los discos son enviados a las oficinas de la GEIC en la ciudad de México.

Una vez que se tiene la información en la ciudad de México, las variables de comportamiento son almacenadas en archivos en disco e incorporadas a la base de datos utilizando los programas de **carga de datos**.(Figura I.7)

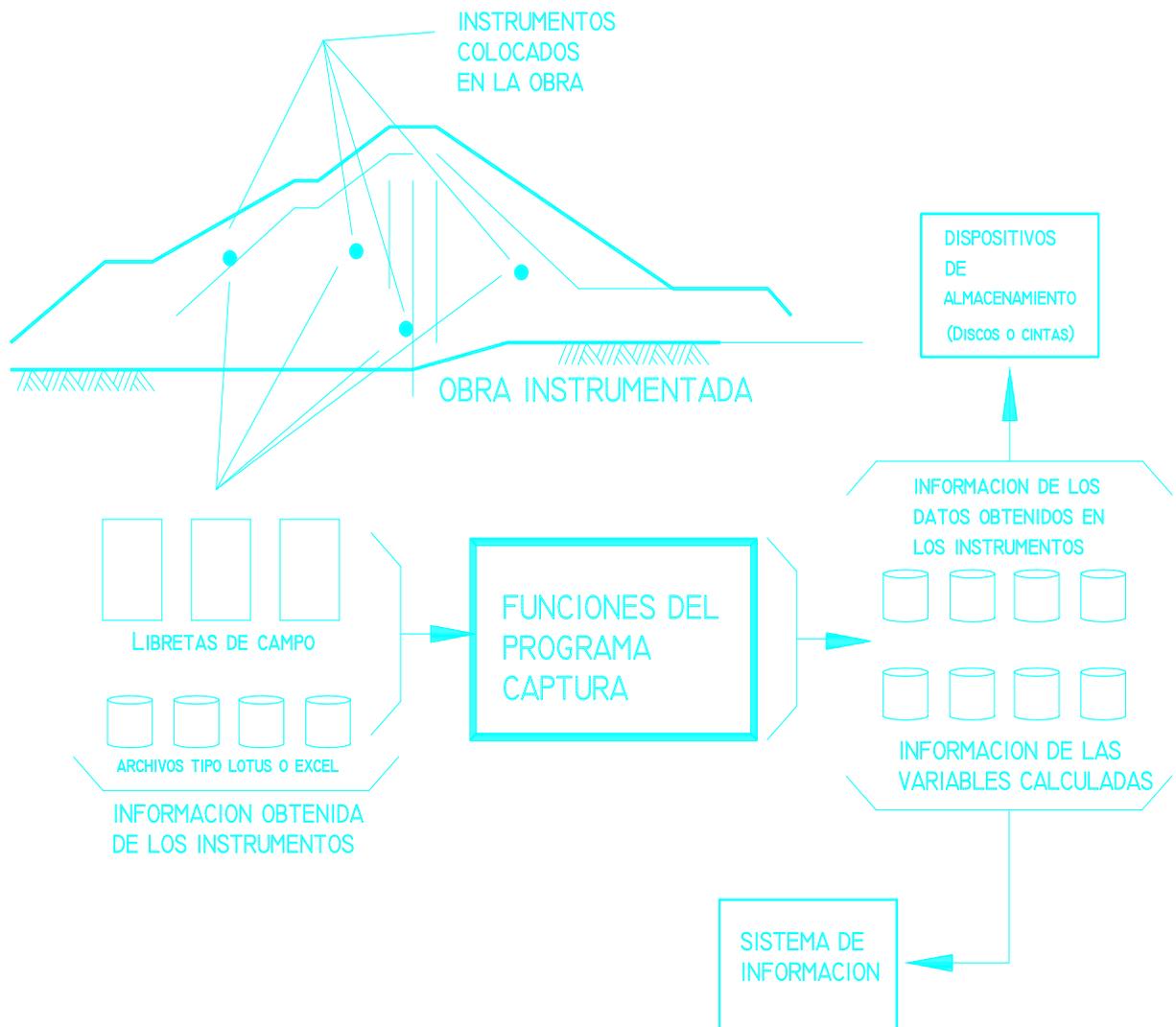


Figura I.7 Esquema de operación de los datos de los instrumentos.

Los programas de aplicación diseñados para el manejo de datos de los instrumentos están organizados en tres módulos funcionales:

- Fichas de los instrumentos
- Carga de datos
- Consulta de datos

Estos programas permiten la explotación de los datos contenidos en la base de datos. Las funciones que permiten, entre otras son; acceder a la información gráfica o tabular de una manera rápida y confiable.

I.7 Carga de datos de instrumentos

La carga de datos de los instrumentos al SISE, consiste en integrar de manera automática la información obtenida durante una inspección a las obras civiles. Las lecturas de campo pueden ser obtenidas de forma manual o automática. Si son obtenidas automáticamente éstas se graban en archivos con formato EXCEL; las que se obtienen de forma manual son registradas, validadas y almacenadas en archivos con un formato especial que será utilizada por el programa CAPTURA. Al momento de la carga, se realizan la validación de la información.

La carga de las lecturas de campo de los instrumentos se efectúa a partir de un archivo de datos en código ASCII, este archivo de datos se genera a partir del programa **CAPTURA**, o bien, como resultado de aplicar el traductor a un archivo en forma EXCEL. El proceso de carga de datos al sistema consiste en obtener las lecturas de los instrumentos instalados en las obras por medio del programa **CAPTURA**, o de manera automática. Los discos con la información son enviados a la GEIC para su carga al sistema de información. En la figura I.8 se muestra un diagrama explicativo de este proceso.

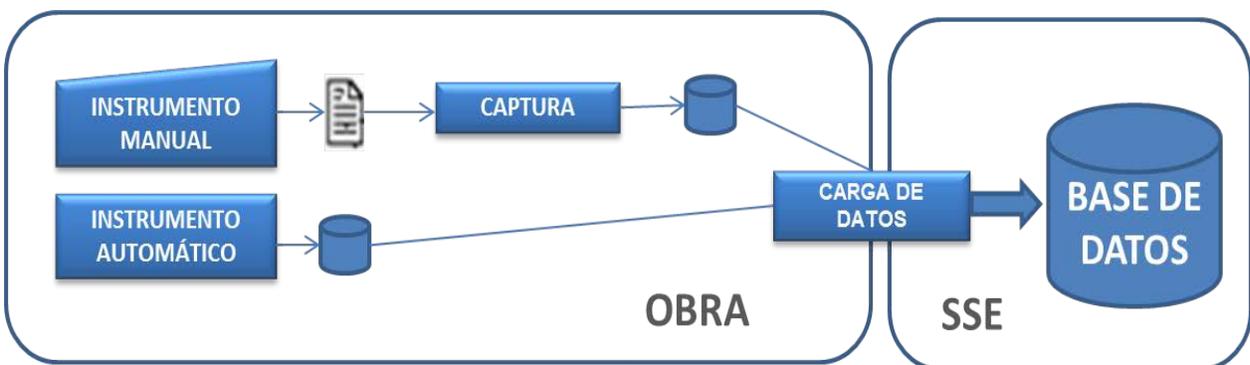


Fig. I.8 Proceso de carga de datos al sistema SISE

Para manejar la información, los tipos de instrumentos se clasificaron en grupos, el criterio para formar los grupos, fue de acuerdo al número de datos que se debían guardar en el sistema de información.

I.8 Consulta de datos de instrumentos

Los programas del módulo consulta tiene como finalidad manejar la información de las lecturas de instrumentos almacenados en la base de datos. El módulo permite realizar consultas de la información de manera gráfica y numérica, así como exportar esta información hacia otros ambientes y programas como Excel y AutoCad para su incorporación a publicaciones y a planos.

El sistema permite consultar la información por periodos de tiempo sobre un grupo de instrumentos, asimismo posee un programa que permite realizar gráficas de varias variables contra el tiempo, en escalas diferentes, lo anterior es muy importante para el personal de la CFE, ya que en muchas ocasiones, para interpretar el comportamiento de la estructura es conveniente analizar en un mismo periodo de tiempo el comportamiento de dos o más variables. El módulo contempla las funciones necesarias para construir una gráfica de buena calidad que ayuda a los usuarios del sistema en la tarea de revisión e interpretar la información generada por los instrumentos colocados en las obras.

I.9 Repositorio de imágenes

El Repositorio de imágenes es un “depósito” donde se almacenan todas las imágenes contenidas en el sistema (Figura I.9). Las imágenes del SISE están clasificadas en 5 categorías (Tabla I.2):

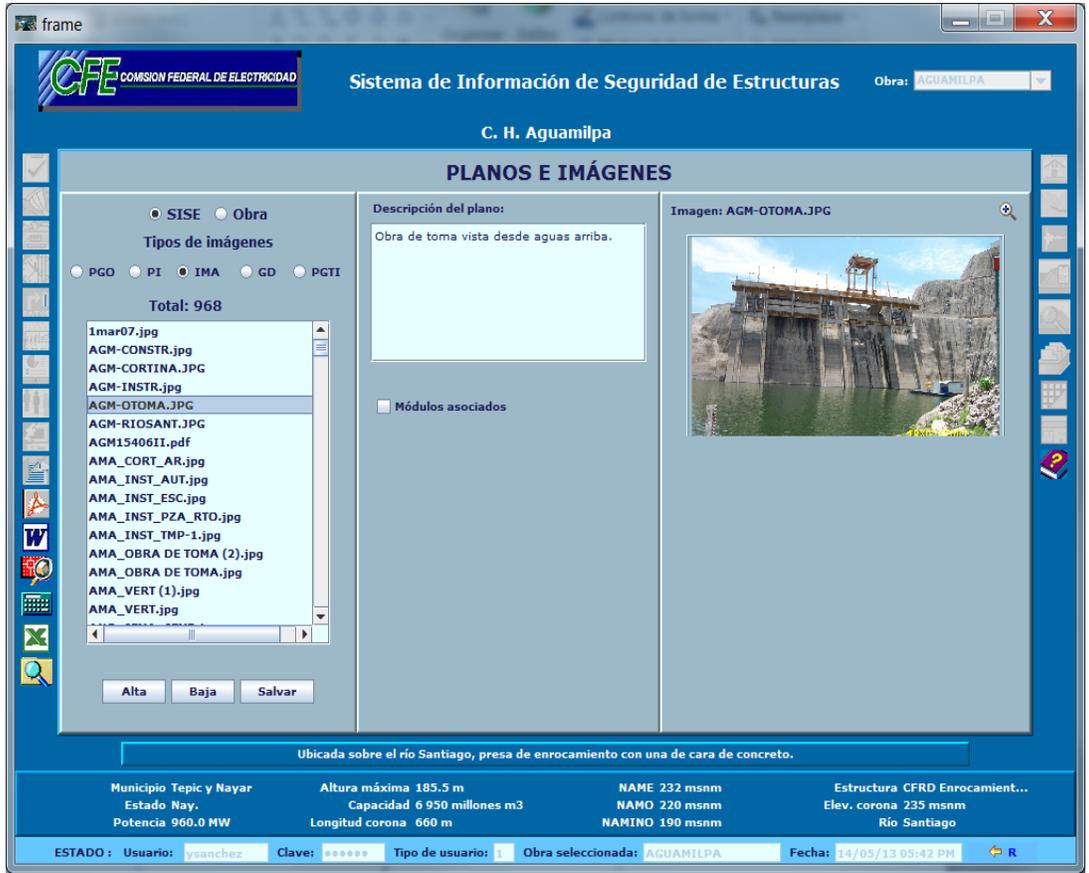


Fig. I.9 Repositorio de imágenes

Clave	Nombre	Formato	Descripción
PGO	Planos generales de obra	Vector o Raster	Planos que muestran una vista global de toda la obra o de una estructura principal en particular. Planos estructurales, de instalaciones, arquitectónicos, etc.
IMG	Imágenes	Raster	Almacena cualquier imagen con formato principalmente raster, como por ejemplo resultados de un corrida de elemento finito, imagen de un aparato, un croquis, etc.
PI	Planos de instrumentación	Vector	Muestran planos con información principalmente asociada a los instrumentos instalados en las obras.
GD	Gráficas de datos	Vector	Archivos que contienen gráficas que muestran el comportamiento de instrumentos o variables.
PGTI	Planos Generales de Instrumentación	Vector o Raster	Son planos generales de la obra que indican la ubicación de los instrumentos instalados sobre ésta.

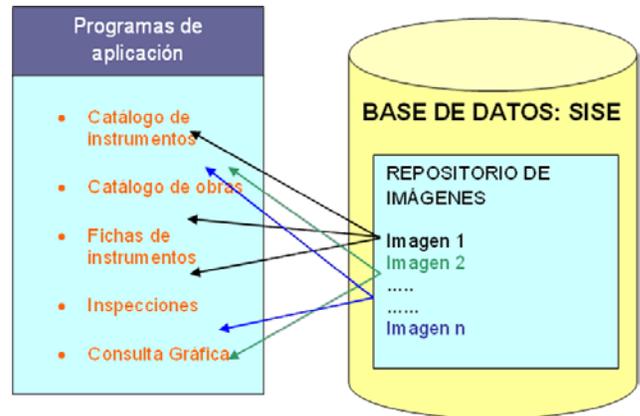
Tabla I.2 Clasificación general de los planos almacenados en el SISE

La finalidad del repositorio es disponer en forma ordenada las imágenes asociadas a las diferentes obras contenidas en el sistema.

A continuación se enlistan las características y restricciones del repositorio de imágenes.

- El repositorio se llena a través de los programas de aplicación del SISE.
- Las imágenes y/o fotografías que se guardan en el repositorio se obtienen desde los dispositivos secundarios de almacenamiento (discos duros, memorias, etc).
- Un programa de aplicación puede contener cualquier cantidad de imágenes.
- Toda imagen en el repositorio contiene un texto asociado a ella y una clave que indica a qué módulo del SISE está asociada.
- Los formatos de las imágenes pueden ser las más comunes comercialmente hablando. (BMP, JPEG, TIF, DWG de AutoCAD).
- Las imágenes o los planos pueden ser eliminadas solo desde el programa que administra el repositorio.
- La revisión de las imágenes contenidas en el repositorio se realiza a través del programa AutoDesk este programa actúa como el “visor” de imágenes del sistema.
- Cada vez que se integra una imagen al repositorio, el sistema permite asociarla a cualquiera de los siguientes módulos de SISE:

- Repositorio de imágenes
- Tópico de una obra
- Catálogo de instrumentos
- Fichas de los instrumentos.
- Una inspección
- Un diagnóstico
- Una estación sísmica
- Un registro sísmico
- Comportamiento de estructuras



I.10 Administración de los reportes de inspección

El objetivo de este módulo es llevar el control del proceso de revisión y autorización de los informes técnicos que se generan en la Subgerencia de Seguridad de Estructuras (Figura I.10). Así mismo se encarga de administrar el catálogo de documentos aprobados.

Este módulo se diseñó considerando el siguiente proceso de revisión:

- El proceso de revisión de un documento se inicia cuando su autor lo envía en carácter de revisión al Jefe de Oficina correspondiente.
- El Jefe de Oficina revisa el documento, como resultado de la revisión se derivan dos casos; 1) Se envía al Jefe de Departamento para su revisión, y 2) regresarlo al autor para que corrija las observaciones realizadas.
- El Jefe de Departamento revisa el documento, como resultado de la revisión se derivan dos casos; 1) Se envía al Subgerente para su revisión y 2) regresarlo al Jefe de Oficina o al autor para que corrija las observaciones realizadas.
- El Subgerente revisa el documento. Como resultado de la revisión se derivan dos casos; 1) Se aprueba el documento y se le envía a su autor y 2) regresarlo

al Jefe de Departamento, Jefe de Oficina o al autor para que corrija las observaciones realizadas.

- El autor recibe el documento aprobado y es el responsable de integrarlo al catálogo de informes terminados.

Durante el proceso de revisión, el documento tiene formato .DOC (documento de WORD). El documento aprobado tiene formato .PDF (documento de Acrobat). El autor es el responsable de realizar la conversión.

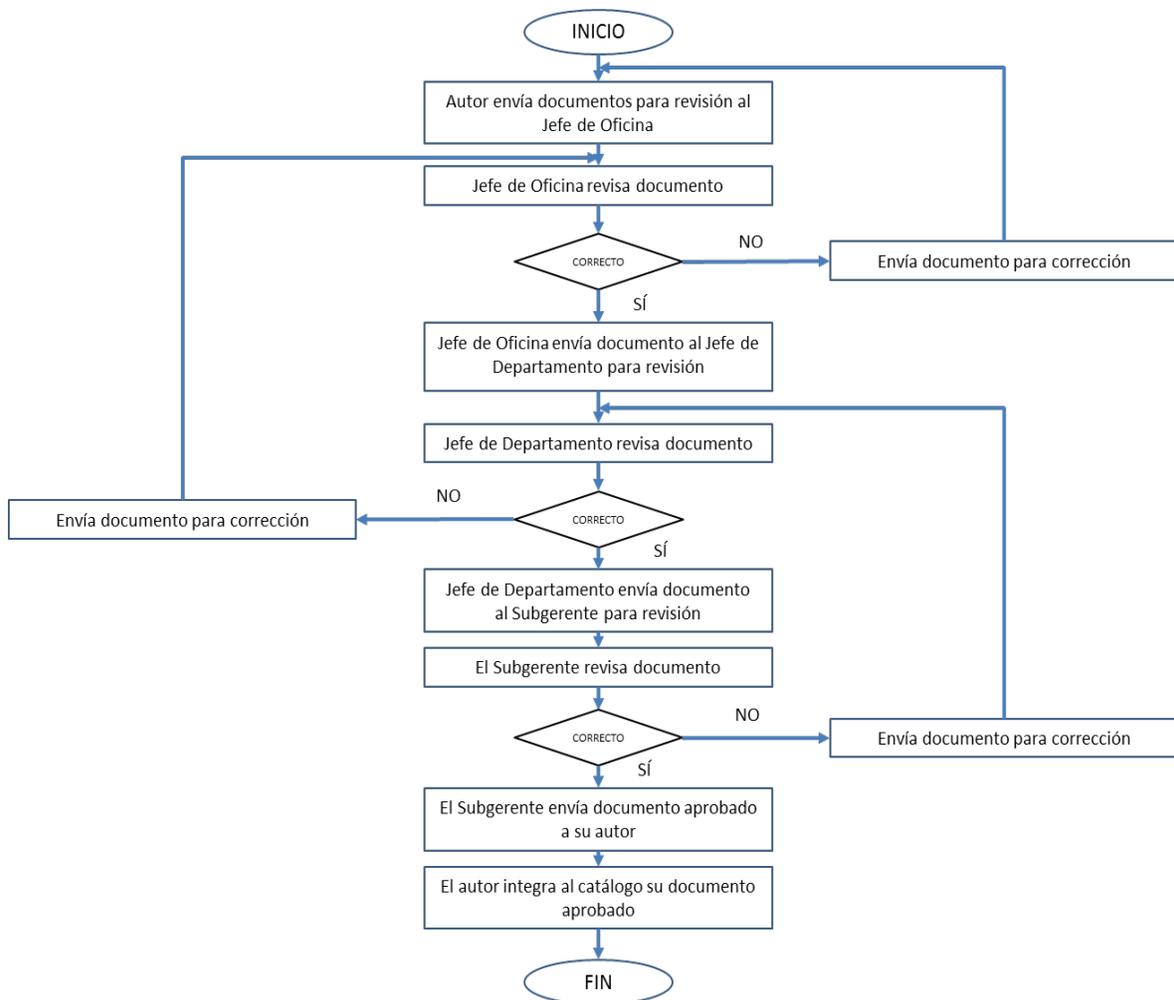


Figura I.10 Diagrama de flujo del proceso de revisión de documentos

La idea básica del diseño de este módulo, es que cada usuario del sistema tenga un buzón a través del cual se puedan transferir los documentos.

El usuario puede consultar en cualquier momento su buzón y revisar el estado del documento enviado.

El sistema tiene un recurso a través del cual se informa al usuario el proceso de revisión de cada documento.

El usuario solo puede transmitir los documentos que se encuentran en su buzón, para lo cual, es necesario bajarlo al disco de la computadora y desde ahí transmitirlo.

Para iniciar la revisión de un documento, el usuario debe indicar toda la información referente al documento; identificador, autor, título, fecha, tópico, obra, archivo del documento .DOC.

El usuario puede consultar en cualquier momento el catálogo de documentos aprobados.

En lo relativo a cambios, sólo se puede realizar para los documentos del catálogo. Los cambios serán en el archivo del documento, sus datos (identificador, autor, título, fecha, tópico, obra) no pueden ser cambiados.

Sólo se pueden integrar al catálogo documentos que han sido aprobados por la Jefatura de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras (Figura I.11).

Los usuarios con privilegio alto pueden consultar los documentos que están en proceso de revisión que se encuentran en todos los buzones.

frame

CFE COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD

Sistema de Información de Seguridad de Estructuras Obra: LA YESCA

LA YESCA

Operaciones

CONSULTA DE INFORMES

Mi buzón de informes en revisión

Identificador: CUP11607II

Enviado por: Enrique Mena Sandoval

Enviado el: 5/10/09 02:29 PM

Autorizado

Ver (C:) Comentarios Ver todos los informes

Datos generales del informe

Informe para revisión Informes aprobados

Identificador: CUP11607II Obra: CUPATITZIO

Autor: Erick Torres Bonilla

C.H. CUPATITZIO, MICH.
INFORME DE INSPECCIÓN
27 y 28 de septiembre de 2007

Título:

Fecha de inicio: 01-10-2007 dd - mm - aaaa

Tópico: Inspección

Archivo: CUP11607II.doc

Transferir informe

Para corrección Aprobado Para revisión

Destinatario: <Elige un usuario>

Redacción: NA Nivel Técnico: NA

Documentación: NA Investigación: NA

Análisis: NA Conclusiones: NA

Recomendaciones: NA NA = No Aplica

Historico de revisiones

Fecha de inicio de la Revisión : 01-10-2007

Emisor: Erick Torres Bonilla.
Receptor: Luis Chavez Ramirez.
Fecha de envío: 11/10/07 04:48 PM.
Enviado para: Revisión .

Presa de enrocamiento y cara de concreto, de 220 m de altura.

Municipio Hostotipaquillo Altura máxima 220.00 m NAME 578.00 msnm Estructura Enrocamiento con ...
Estado Nayarit Capacidad ----- millones m3 NAMO 575.00 msnm Elev. corona 579.00 ; 580.50 al ...
Potencia 750.0 MW Longitud corona 628.77 m NAMINO 518.00 msnm Río Santiago

ESTADO : Usuario: etorresb Clave: ***** Tipo de usuario: 2 Obra seleccionada: LA YESCA Fecha: 14/05/13 06:43 PM

Fig. I.11 Proceso de autorización de informes.

I.11 Registros sísmicos

En este módulo se describen las características y funcionalidad de los registros sísmicos que la CFE obtiene a través de las estaciones ubicadas principalmente en las centrales generadoras de energía eléctrica.

El módulo administra esta información en 5 partes, la primera referente a los datos de la estación, la segunda maneja los datos de los aparatos instalados en la estación, una tercera parte administra los datos del sismo, la cuarta parte administra información referente al registro y la última parte muestra los datos del evento.

Los datos del sismo, del registro y los del evento pueden ser leídos directamente del archivo que tienen el formato estándar Mexicano de Sismos Fuertes.

El módulo de registros sísmicos tiene asociado un programa que permite revisar gráficamente la información de los acelerogramas. Las funciones de procesamiento disponibles en las rutinas gráficas son las siguientes:

- Acelerograma sin corregir
- Acelerograma corregido
- Velocidad
- Desplazamiento
- Transformada de Fourier de la aceleración
- Transformada de velocidad de Fourier
- Transformada de desplazamiento de Fourier
- Espectro de respuesta de la aceleración
- Espectro de respuesta de la velocidad
- Espectro de respuesta del desplazamiento

I.12 Comportamiento de estructuras

Este módulo es utilizado para llevar la administración de los reportes del comportamiento estructural de las obras. Como parte de la administración de estos reportes, el módulo cuenta con las opciones de altas, bajas, cambios y consultas. A cada reporte se le pueden asociar cualquier cantidad de imágenes disponibles en el repositorio (Figura I.12).

Su estructura jerárquica es muy simple: obra – reporte de comportamiento de la estructura. Por tanto, para acceder a un reporte de inspección debemos seleccionar con anterioridad la obra.



Fig. I.12 Módulo de Comportamiento de Estructuras

I.13 Inspección, diagnóstico y seguimiento de anomalías

Este módulo administra tres opciones, *manejo de inspecciones*, *manejo de diagnósticos* y *el manejo de seguimiento de anomalías*.

La opción de inspecciones, integra en la base de datos del SISE el resultado de una inspección a una obra. Las inspecciones tienen una clave y están asociadas a una obra. Las inspecciones están clasificadas de acuerdo al motivo de su ejecución (programada, debido a un sismo, por una anomalía o por otra causa).

Independiente de la inspección, el sistema administra los diagnósticos que los ingenieros realizan a las obras civiles de las centrales. Para describir de manera completa el diagnóstico, el sistema dispone de un conjunto de anomalías aunado con el nivel de severidad (Leve, Mediano, Grave, Muy Grave).

Al igual que las inspecciones, los diagnósticos están asociados a una obra y están definidos por una clave única.

La última parte de este módulo se encarga de controlar el seguimiento de una anomalía. Como parte de la descripción de una anomalía se indica la posible solución. El resultado de la solución se valida y si ésta fue correcta se termina el seguimiento, pero si la solución no fue satisfactoria, el ingeniero encargado de la anomalía puede proponer una nueva solución y con el tiempo verificar su resultado.

Este ciclo se repite (propuesta – resultado) hasta que la anomalía desaparece. El sistema es capaz de reactivar una anomalía después de haber sido terminada, además, el sistema permite emitir un reporte del seguimiento de las anomalías. Es importante aclarar que el seguimiento está ligado única y exclusivamente a una anomalía (Figura I.13).

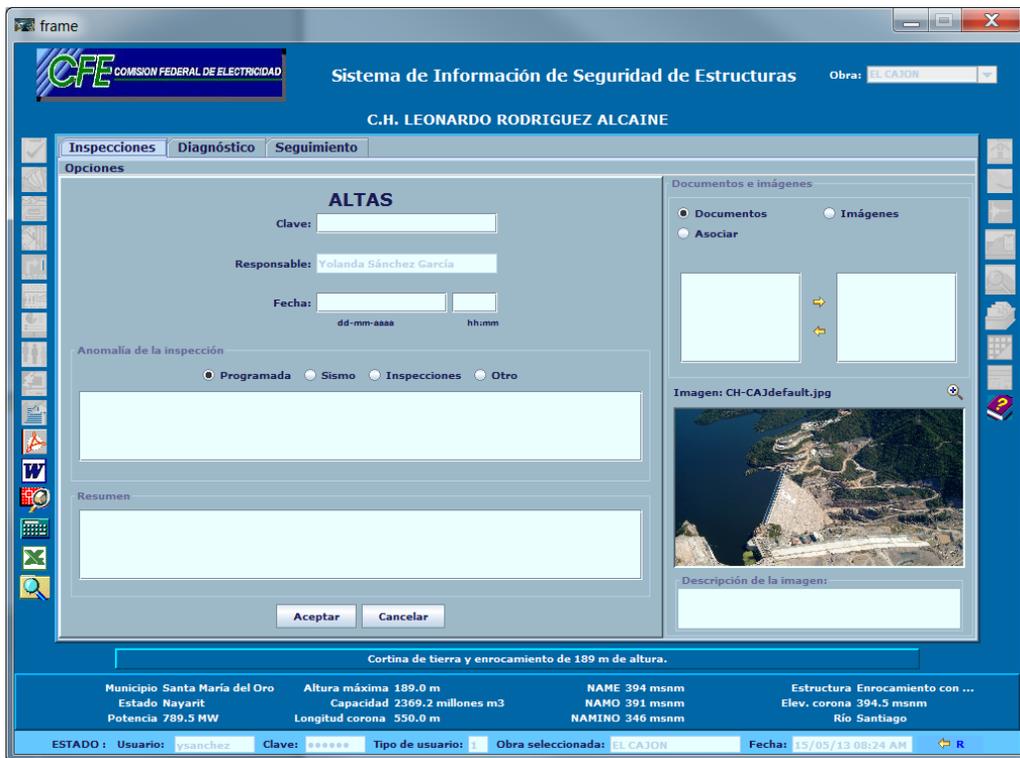


Fig I.13. Módulo de Inspección, Diagnóstico y anomalías.

I.14 Repositorio de documentos

La idea básica del diseño de este módulo es contar con un repositorio de documentos que genera el personal de la SSE, poder consultar todos los documentos del SISE o de alguna obra en particular y dependiendo de sus privilegios como usuario podrá hacer algunas transacciones con dichos documentos.

Los documentos se guardan como archivos de extensión PDF y están asociados a un juego de palabras clave que permiten lograr una mejor búsqueda dentro del repositorio (Figura I.14).



Fig. I.14 Repositorio de Documentos

I.15 Datos de los análisis numéricos realizados a las estructuras civiles

El objetivo de este módulo es administrar la información de entrada y de salida que se genera a través de los diversos programas de análisis de elemento finito que se utilizan en la Subgerencia de Seguridad de Estructuras de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil de la CFE (Figura I.15).



Fig. I.15 Módulo de Análisis Numérico

Los programas de elemento finito considerados en este módulo son: Nisa, Etabs, Sap, Safe, Staad, Plaxis, Slope, Eco, Interacción y Flownet. Cada programa de análisis genera la información en archivo con estructura propia, por tanto cada programa de análisis posee datos de entrada y salida propios.

Es importante aclarar que los resultados de salida que se guardarán en el sistema son de tipo gráfico, con este se ahorra espacio de almacenamiento en la base de datos. Los archivos gráficos relacionados con los programas de análisis son de formato *.JPG ó *.TIF y almacenados en el repositorio de imágenes.

I.16 Ayudas de SISE

El sistema dispone de ayuda en línea sobre el manejo de los comandos del sistema.

ANEXO II

**INSTRUMENTOS INSTALADOS EN
CENTRALES DE LA CFE**

II. INSTRUMENTOS INSTALADOS EN CENTRALES DE LA CFE

En este anexo se muestran los diferentes tipos de instrumentos que se instalan en el proceso de construcción de una presa y posterior a éste. La selección del instrumento debe ser coherente a lo planeado considerando el objetivo de su función, para obtener el mejor resultado. En la Tabla II.1 se muestran los instrumentos utilizados y los parámetros a medir.

Instrumento	Parámetro
Plomadas	Deformación y desplazamientos
Clinómetro	
Deformímetros, concreto y acero	
Extensómetros de barras	
Extensómetro de cinta	
Extensómetros de placa	
Medidores de juntas	
Referencia topográfica	
Nivelación	
Colimación	
Triangulaciones	
Testigos de cimentación	
Deformómetros	
Inclinómetros	
Nivel hidráulico	
Termómetro	Temperatura
Piezómetros abiertos	Presiones
Piezómetros cerrados	
Piezómetro neumático	
Celdas de presión total	
Vertedores de aforo	Gastos de filtraciones
Medidores de nivel de embalse	Volumen "Tirante hidráulico"
Estaciones climatológicas	Estación ambiente
Sismógrafos y Acelerógrafos	Sismos

Tabla II.1. Instrumentos y su parámetro de medición

Plomadas o péndulos.-

Son sistemas de medición que nos permiten medir movimientos horizontales y deformaciones en las Presas y otras estructuras. Se pueden tener de dos tipos: directos e inversos (Figura II.1). Los directos están formados por un punto de anclaje en la superficie de la estructura donde se desplanta un cable de acero inoxidable que soporta un contrapeso sumergido en un tanque amortiguador lleno de algún fluido que puede ser agua o algún aceite. La longitud del cable será de acuerdo a la altura de la estructura así como el tamaño del contrapeso y tanque amortiguador. Los inversos tienen la característica de que el cable se ancla en el subsuelo, cimentación de la estructura y en la parte superior cuenta con un tanque flotador para tensionar el cable, el fluido del tanque regularmente utiliza agua con algún aditivo para evitar la evaporación. Las dimensiones tanto del cable como del tanque dependerán de la altura requerida. Para los dos casos se requiere de una unidad de lectura que puede ser analógica, digital o automatizada

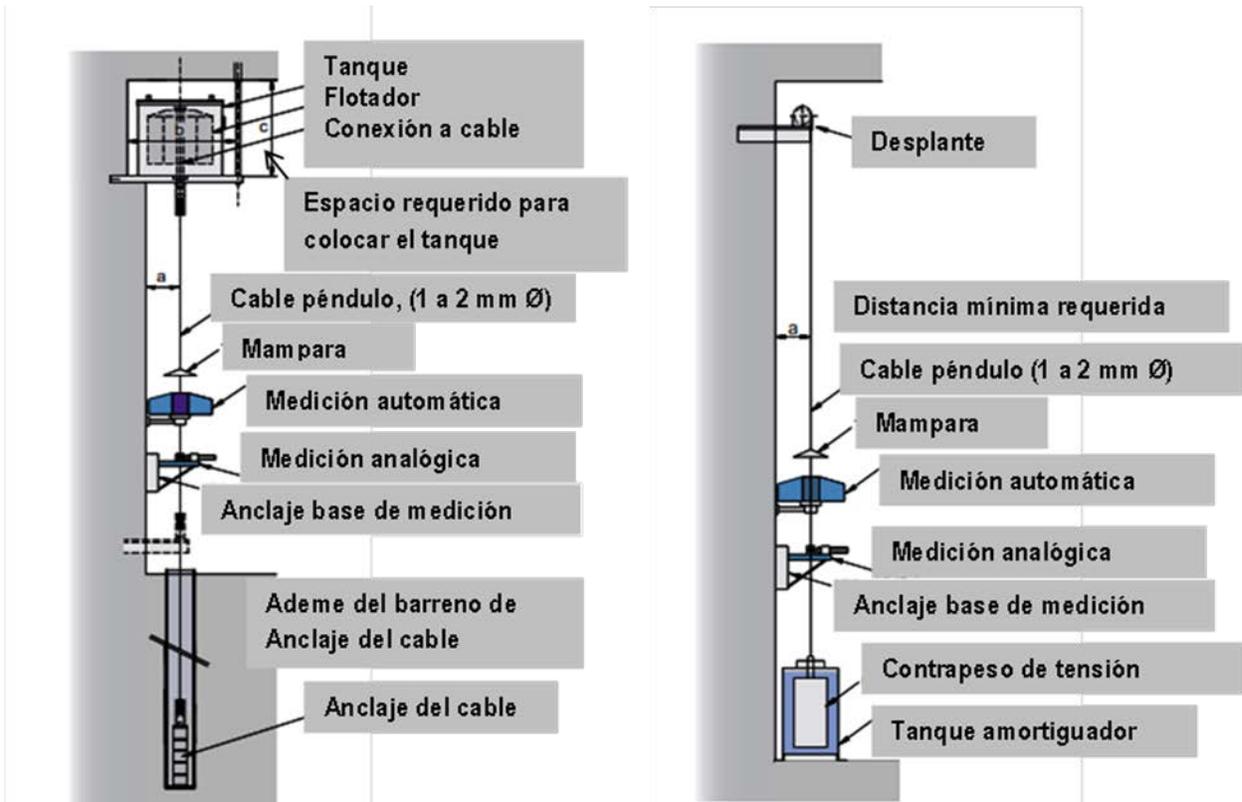


Fig. II.1 Esquema de una plomada o péndulo invertido y directo

En la figura II.2 se muestran los tipos de instrumento de medición, manual analógica o digital y de forma automática, ambos tienen un alcance del equipo de medición de $x=150$ mm y $Y=60$ mm con exactitud de 0.01mm.



Fig. II.2 Tipos de instrumento de medición: plomada o péndulo

Clinómetros.-

Son instrumentos que miden la inclinación (rotación) de una estructura, son de alta exactitud, pueden determinar hasta 0.001 mm/m; existen de varios tipos y modelos y su uso dependerá qué tipo de estructura se requiere instrumentar. Pueden ser analógicos o eléctricos (Figura II.3).



Fig. II.3 Clinómetros

Termómetros.-

La medición de temperaturas, tanto del ambiente como del interior de la Presa, tiene una gran importancia en el cálculo de tensiones principalmente en las Presas de concreto ya que la masa que forma la cortina o presa está especialmente sometida a las tensiones inducidas por la temperatura derivada de la expansión o retracción térmica durante su construcción y directamente a la luz solar en épocas calurosas o a la presencia del viento muy frío en épocas de invierno.

Para la medición de temperaturas en el interior de las Presas de concreto y para conocer su distribución durante las fases de construcción y explotación, se dejan embebidos termómetros de resistencia o de cuerda vibrante. La figura II.4 muestra los tipos de termómetros comúnmente utilizados para interiores y exteriores. La exactitud de estos instrumentos es de 0.1°C con un alcance de medición de -20°C a $+80^{\circ}\text{C}$, existen del tipo resistivo RTD o termistor y de cuerda vibrante.



Fig. II.4 Termómetros con sus consolas de medición

Para la toma de lecturas requieren de una consola de medición, en caso de ser un sistema automatizado se pueden conectar directamente a un Multiplexor (MPX) o directamente a un Datalogger (adquisidor de datos inteligente)

Deformímetros para el concreto y acero.-

Son dispositivos que se adaptan a las masas de concreto o al acero de refuerzo para medir esfuerzos de tensión y compresión en el sentido longitudinal, también se pueden adaptar en arreglos tridimensionales mediante dispositivos mecánicos. Estos elementos regularmente deben ser instalados durante el proceso constructivo. Existen de varios tipos y modelos. (Figura II.5).

Ambos sensores (VW) son de alta exactitud ($1.0 \mu\epsilon$ con un alcance de medición de $3000 \mu\epsilon$). Para la medición se requiere de una consola especial, esta puede ser manual o automática

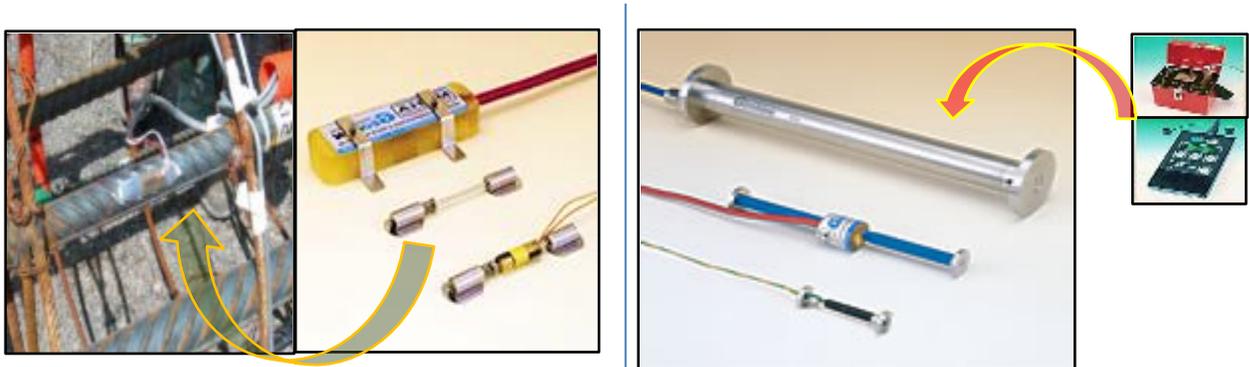


Fig. II.5 Deformímetros para acero y Deformímetro para concreto

Extensómetros.-

Instrumentos para medir desplazamientos y los hay de diferentes tipos:

De barras rígidas.-

Es un instrumento que mide desplazamientos dentro de un macizo rocoso que represente algún riesgo de estabilidad, también se utiliza en la transición de materiales, consta principalmente de:

- Anclas, barras de acero inoxidable telescopiadas, resguardadas en fundas de plástico tipo PVC con diámetro suficiente para alojarlas.
- Cabezal de medición.
- Instrumento con el que se realizará la lectura, mecánico o eléctrico.

El instrumento se instala en perforaciones (ascendentes, descendentes laterales o verticales). En un solo barreno se pueden instalar desde una y hasta 6 barras dependiendo de la marca y tipo (Figura II.6).



Fig. II.6 Extensómetros de barras rígidas.

Las mediciones se realizan en el cabezal del extensómetro; en los del tipo mecánico generalmente se utiliza un micrómetro de profundidades o indicador de cuadrante, en los del tipo eléctrico se requiere de una consola de medición adecuada al sensor que utiliza el cabezal, regularmente son de cuerda vibrante (VW). La exactitud del desplazamiento de las barras dependerá de la unidad de medición, se pueden tomar lecturas hasta de 0.001 mm.

Extensómetros de barras flexibles.-

Estos instrumentos tienen la misma función de los extensómetros anteriores, con la característica de que las barras son flexibles, se pueden enrollar para su transporte. El sistema del cabezal y forma de medición es el mismo o similar al de las barras rígidas. En la figura II.7 se presentan extensómetros de barras flexibles y una aplicación, con instalación horizontal.



Fig II.7 Extensómetros de barras flexibles

Extensómetros de cinta.-

Estos instrumentos se utilizan para medir distancias relativas entre dos puntos que se fijan en el concreto o a la roca, en los extremos del instrumento se tienen adaptadores especiales que se fijan a esos puntos para tomar las mediciones. Existen del tipo mecánico y eléctrico.

El instrumento es portátil para ser utilizado en la medición de varios puntos fijos instalados en una estructura o en varias secciones. Una de las funciones es la de medir los desplazamientos en el interior de un túnel “convergencias” determinados en forma manual. La exactitud que maneja este instrumento es de 0.01 mm con alcance de medición de la cinta de 15, 20 y 30 m.

Para medir la convergencia dentro de un túnel en forma automatizada se emplean medidores eléctricos que pueden ser resistivos o de cuerda vibrante, su colocación puede ser temporal o permanente y en su caso retirarlos cuando se concluya el proyecto. Por ser de índole eléctrico se requiere la utilización de una consola de medición o conectarse a un sistema automatizado. La exactitud que manejan estos instrumentos es $\pm 0.1\%$ de la escala total, su alcance de medición puede ser de 25 mm y hasta 150 mm. En la figura II.8 se muestra el instrumento y un arreglo automatizado.

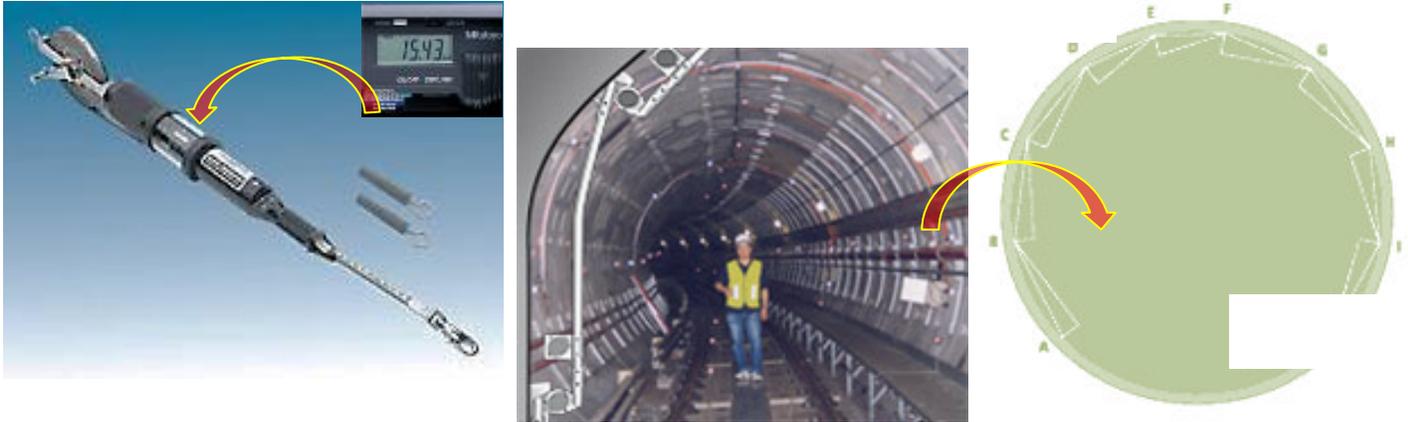


Fig. II.8 Extensómetro de cinta y arreglo automatizado

Extensómetros de placa.-

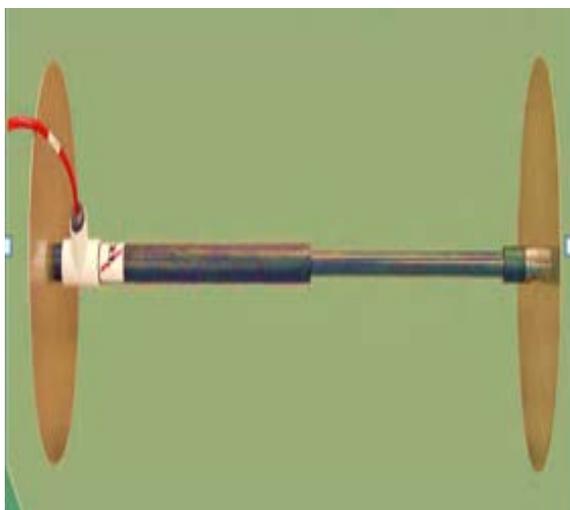
Estos instrumentos se utilizan para medir deformaciones locales en un solo sentido dentro de las cortinas o taludes flexibles. Existen principalmente 2 tipos; potenciométricos de resistencia variable o de cuerda vibrante. Se dice que son de placa por tener en los extremos unas placas que acotan la distancia en que se pretende medir la deformación. Igual que en todos los instrumentos se han tenido variaciones significativas en su diseño y el empleo de diferentes tipos de sensores así como los materiales que los resguardan. En la figura II.9 se muestra un extensómetro de placas utilizado anteriormente en instrumentación de Presas en México, desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la CFE, El cuerpo que protege a los sensores era de acero inoxidable, posteriormente cambió a Aluminio T6 para ser más ligero, en ambos casos se utilizaba un sensor de 10 K Ω , con carrera de 18 cm.

La forma de tomar lecturas a estos instrumentos es por medio de una consola que tiene una arreglo de un puente de Wheatstone dividido en un dial de 1000 unidades, para la transformación de unidades de lectura se tenía que calibrar el instrumento en un banco patrón con dispositivos mecánicos que caracterizaban las lecturas a unidades de longitud. El instrumento tiene una exactitud de 01.mm con carrera efectiva de 150 mm.



Fig. II.9 Extensómetro de placas utilizado anteriormente en instrumentación de Presas en México, desarrollado por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y la CFE

En la figura II.10 se presenta un extensómetro de placa de la nueva generación que pueden tener diferentes tamaños y alcances de medición y son menos robustos además utilizan un sensor resistivo o de cuerda vibrante logrando una mayor exactitud que anda del orden de 0.01 mm dependiendo del alcance de medición del sensor. Para las mediciones de los sensores se requiere de una consola de medición para tipo resistivo o de cuerda vibrante como las presentadas para otros instrumentos de VW.



Para acotar distancias considerables de deformación estos instrumentos se pueden adosar a través de sus placas uniéndolas mediante tornillos.

Fig. II.10 Extensómetro de placa de la nueva generación

Medidores de junta.-

Estos instrumentos están diseñados para medir los desplazamientos de tensión o compresión de una junta entre dos bloques en forma unidireccional, bidireccional o tridimensional, por la exactitud que manejan estos aparatos también son utilizados para medir aperturas o cierres de grietas. Pueden ser de tipo eléctrico o mecánico. (Figura. II.11)



Fig. II.11 Medidores de Junta de tipo eléctricos y mecánicos

Referencias topográficas.-

Son elementos mecánicos que se colocan directamente sobre la cortina, talud, ladera u otro tipo de proyecto, deben estar anclados a un bloque de concreto o sobre mojoneras para darle una mayor consistencia. El elemento de referencia puede ser un tornillo tipo carrocería con punto central para hacer colimación o bien de redondo macizo de acero inoxidable de ½” de ø, con punto central, acabado punta de bala para colocar estadal de nivelación o bien tripie para una Estación Total.

Regularmente se colocan sobre el centro de la corona, aguas arriba o aguas abajo, en bermas y otras estructuras. Con estos testigos se puede determinar el desplazamiento vertical y horizontal de la estructura. En la figura II.12 se presentan algunos tipos de referencias topográficas que son elementos auxiliares para realizar una nivelación, colimación, triangulaciones o desplazamientos con vectores por el método de trilateración.



Fig. II.12 Referencias topográficas

Nivelación.-

Es un método indirecto de medición por medio del cual se determina la diferencia de nivel entre dos o más puntos colocados sobre una estructura horizontal. Para llevar a cabo una nivelación se requiere de varios elementos como son: bancos de referencia patrón, nivel, miras o estadales y el elemento humano. Una nivelación de primer orden tiene una exactitud ± 0.2 a 0.4 mm por km, dependerá del equipo que se utiliza y del personal que la ejecuta.

Uno de los puntos relevantes para una nivelación es la colocación de bancos de nivel patrón BNP desplantados en terreno firme, con cota bien definida que pueden ser arbitraria o referida a msnm. Las referencias que se medirán tendrán que estar fijas a la estructura, si no se cumple la condición no podrá lograr una buena nivelación. La figura II.13 muestra los tipos de bancos de nivel y las referencias.

Existe gran variedad de equipos para llevar a cabo una nivelación y depende mucho de la selección para lograr una buena nivelación, en la figura 26 se muestra un equipo que se utiliza para nivelaciones de primer orden.



Fig. II.13 Banco de nivel y referencias para nivelación

Colimación.-

Es el método para controlar los desplazamientos horizontales referidos a una recta. Para el caso de una Presa se tienen dos referencias fijas situadas una en cada margen, ubicadas en terreno firme sin tener la influencia de desplazamientos de la estructura a monitorear. La exactitud dependerá directamente del equipo a utilizar y del factor humano, igual que la nivelación es un método indirecto.

Para lograr una colimación de alta exactitud se requiere de una regla o mira deslizante con una base de centrado forzoso que se coloca en una referencia topográfica perpendicularmente a la recta horizontal formada por las dos referencias fijas, la exactitud que se puede lograr con el método es de 0.5 mm en un km. El equipo óptico que se utiliza puede ser un teodolito de alta resolución o un colimador que es el instrumento idóneo.

La figura II.14 muestra los elementos requeridos para la colimación y los instrumentos utilizados para llevarlas a cabo.

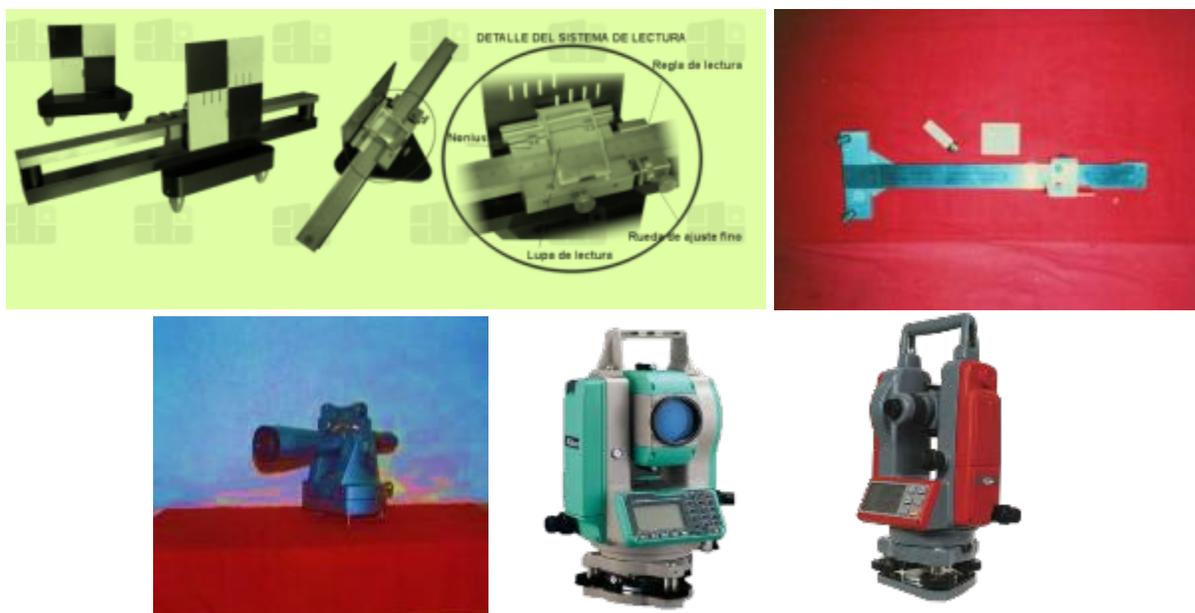


Fig. II.14 Reglas de Colimación y equipos para medir

Triangulaciones.-

Se llama triangulación al método en el cual las líneas del levantamiento forman figuras triangulares, de las cuales se miden solo los ángulos y los lados se calculan trigonométricamente a partir de un punto conocido como base.

El caso más simple de triangulación es aquel que se vio en el “levantamiento de un lote por intersección de visuales”; de cada triángulo que se forma se conocen un lado, la base, y los dos ángulos adyacentes; los demás elementos se calculan trigonométricamente.

Para el control de los desplazamientos horizontales en una Presa se debe instalar una red de triangulación que se forma con una serie de triángulos con vista entre sí, de los cuales se pueden calcular todos los lados si se conocen los ángulos de cada triángulo y la longitud de la línea “base”. No necesariamente deben de ser triángulos las figuras

formadas, también pueden ser cuadriláteros (con una o dos diagonales) o cualquier otro polígono que permita su descomposición en triángulos (Figura II.15). La precisión de una triangulación depende del cuidado con que se haya medido la base y de la precisión en la lectura de los ángulos, el equipo empleado y el factor humano. Para una triangulación de primer orden es de 1" en el cierre de ángulos y en lados de 1:25,000



Fig. II.15 Red de triangulación y equipo para la medición

Método de Trilateración.-

La existencia de nuevos tipos de instrumentos para medir distancias, ya sea de tipo electrónicos como manuales, han hecho que la toma de medidas en trabajos topográficos se haya simplificado notablemente apareciendo métodos que complementan a los existentes (triangulación) y en algunos de los casos reemplazos, uno de estos es la Trilateración. (Figura II.16).

La Trilateración es un método de levantamiento topográfico el cual es complementario a la triangulación, que consiste en medir longitudes de los lados de un triángulo para determinar con éstas, de manera trigonométrica, los valores de los ángulos de los triángulos descritos, ésta es la operación contraria a la de la triangulación. El equipo requerido para realizar el método es la estación total láser y un sistema de accesorios

basados principalmente en prismas ópticos que son los reflejantes de la visual, hoy en día existen equipos automatizados que realizan dicha actividad, teniendo el inconveniente de tener que dejarlos instalados permanentemente, lo que implica un riesgo de pérdida por vandalismo.

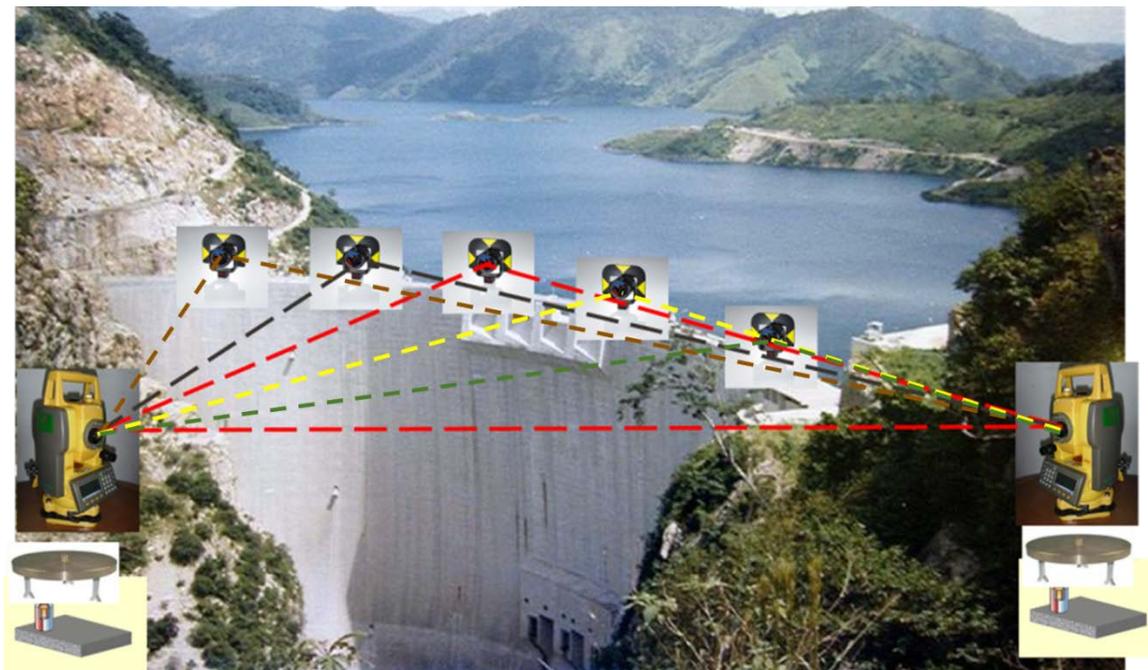


Fig. II. 16 Triangulación y Trilateración

Testigos de cimentación.-

Se utilizan para medir desplazamientos verticales en una Presa o talud, nos permite conocer el asentamiento propio de la cimentación y del material que conforma la Presa. Su formación consiste en una base de acero que se coloca en la cimentación con un tramo de tubo como origen, posteriormente se instalan tubos telescópicos conforme al avance constructivo de la estructura, hasta llegar a la corona, al tubo se le deberá ir protegiendo con otro tubo que puede ser de PVC que le sirve de funda, con holgura suficiente para que el tubo que mide deformación se pueda desplazar. Al final se le coloca una placa base “flotante” de tal manera que el tubo telescópico pase libremente. La medición se puede realizar por medios topográficos “nivelaciones” determinado el desplazamiento vertical por la diferencia entre la placa base y el cabezal

del tubo telescopiado. La exactitud que se maneja es propiamente la que tiene una nivelación de primer orden. La figura II.17 muestra un esquema de un testigo de cimentación.

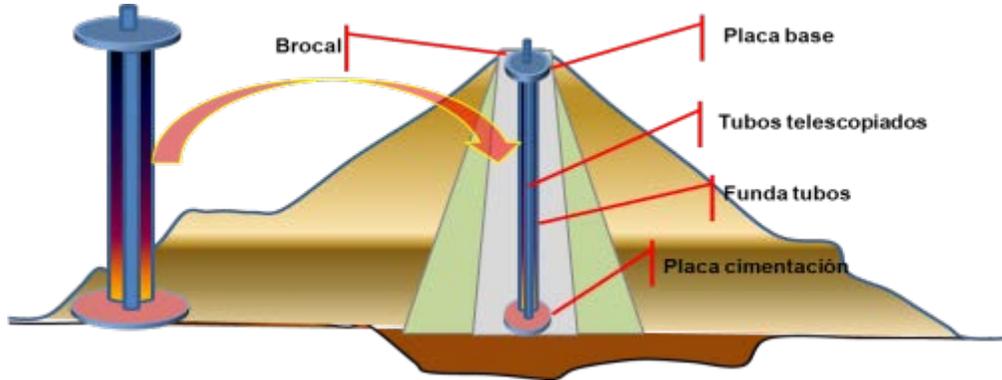


Fig. II.17 Esquema de un testigo de cimentación

Deformómetros.-

Son instrumentos que regularmente se instalan en Presas y taludes con el objeto de medir desplazamientos verticales derivado de la consolidación de los materiales que forman una Presa o talud. La instalación de estos instrumentos se basa principalmente en formar una columna de tubos y coples desde la cimentación y hasta la máxima altura de la estructura, los diámetros de tubos y coples pueden ser diferentes. En ocasiones el deformómetro llega a colapsarse derivado de las deformaciones horizontales y la sonda de medición ya no pasa hasta el fondo. Para la medición se utiliza una cinta con graduaciones al mm y una sonda con aletas retractiles (Figura II.18).

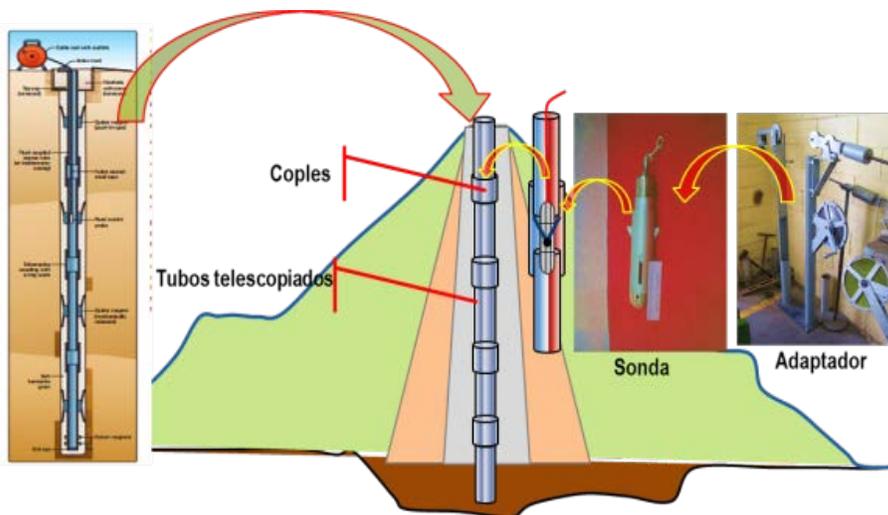


Fig. II 18 Deformómetro y su instalación en presas.

Inclinómetros.-

Es uno de los aparatos más usados para medir desplazamientos de una masa de suelo o roca, ya que permite conocer los desplazamientos o deformaciones normales al eje de una tubería guía mediante el paso de una sonda por ella. La sonda contiene un transductor diseñado para medir la inclinación con respecto a la vertical y la tubería guía puede ser instalada en un barreno o en un relleno. También es posible hacer mediciones en tuberías guía horizontales o inclinadas, adaptando la posición de los transductores dentro de la sonda. (Fig. II. 19).

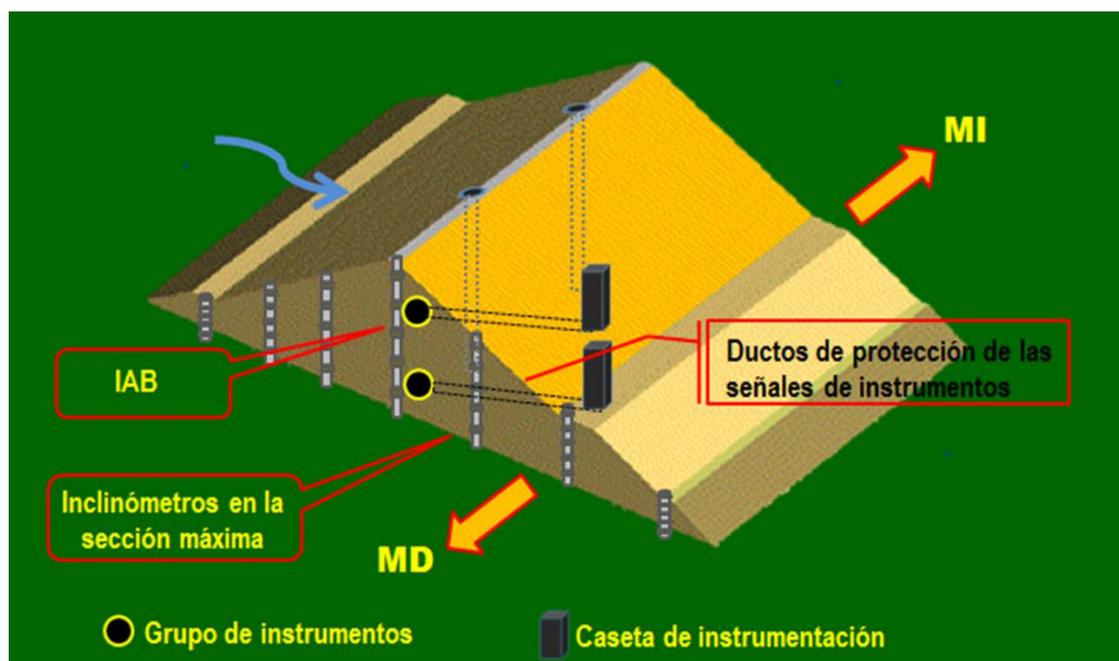


Fig. II.19 Inclinómetros y su instalación en las Presa

Nivel Hidráulico.-

Estos instrumentos se encuentran localizados dentro de la Cortina de una Presa flexible por lo que su instalación es permanente. Su colocación se lleva a cabo durante la construcción de la Presa, son del tipo mecánico y sus terminales o puntos de medición se llevan a casetas de instrumentación localizadas aguas abajo de la Presa o bien a galerías laterales donde se tiene un tablero de medición.

El tablero está formado por un distribuidor de válvulas que conecta a un tanque elevado de alimentación y a un múltiple con salidas para cada instrumento instalado. La información que proporcionan estos instrumentos son desplazamientos verticales en el interior de la Cortina. La exactitud que se maneja es de ± 1 mm. La figura II.20 muestra un esquema de un nivel hidráulico dentro de una estructura flexible y en la figura II.21 las celdas hidráulicas para asentamientos.

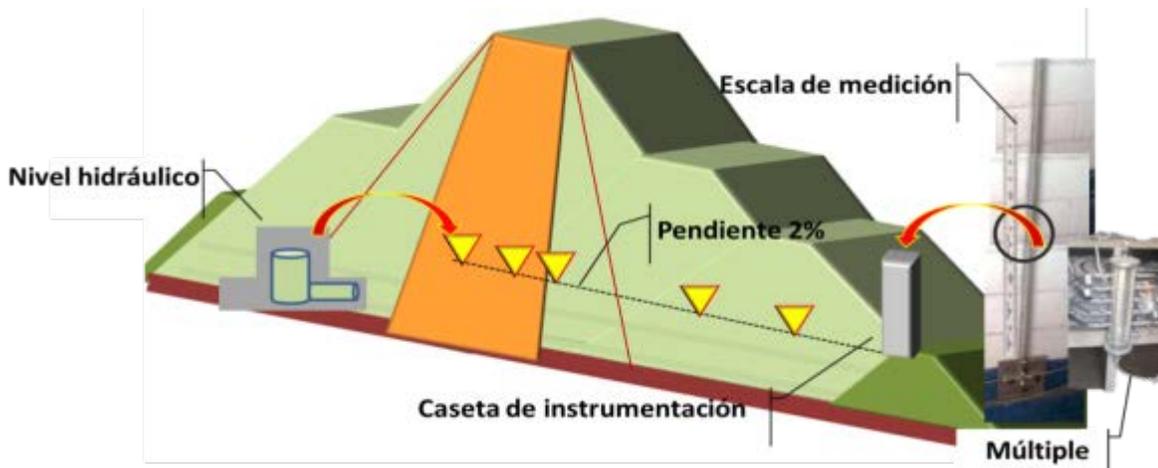


Fig. II.20 Esquema de un nivel hidráulico dentro de una estructura flexible.

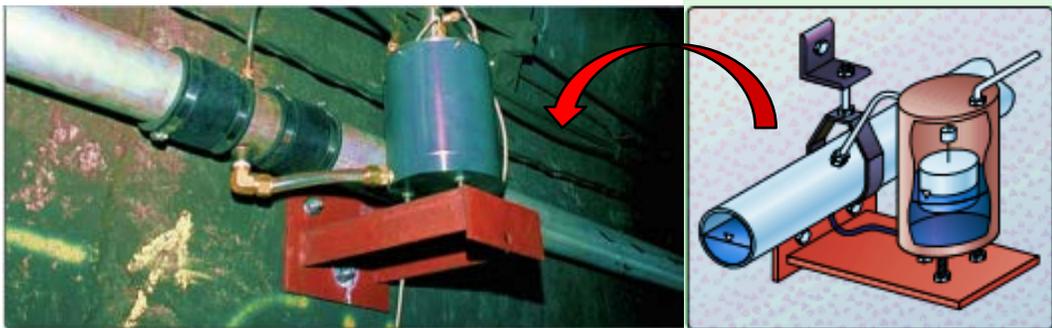
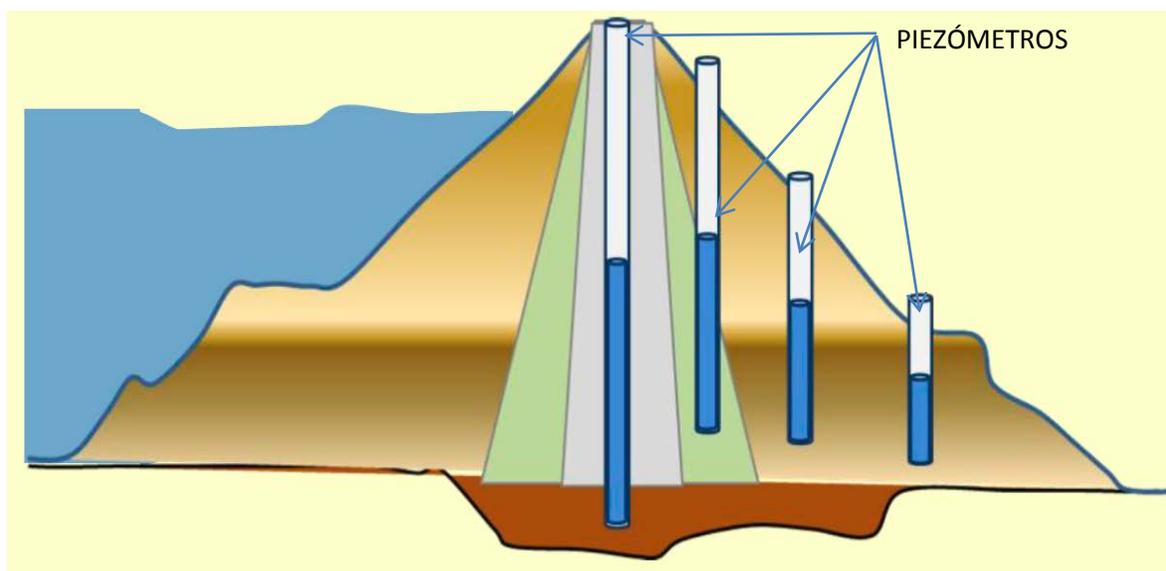


Fig. II.21 Celdas hidráulicas para asentamientos.

Piezómetros.-

Se utilizan para medir la presión del agua y el nivel de la superficie freática, causadas por la infiltración a través de suelos o rocas relativamente permeables, se instalan en terraplenes, cimentaciones, laderas y taludes. La información que proporcionan es importante para determinar el nivel freático dentro del barreno u otras condiciones de inestabilidad o infiltración inducida, tales como elevaciones excesivas de la presión hidrostática.



Los piezómetros pueden ser abiertos, cerrados, eléctricos, de cuerda vibrante y neumáticos (Figura II.22)



Fig. II.22 Esquema de piezómetros dentro de una estructura y su instalación

Celdas de presión total.-

El objetivo es el de medir la presión total (carga) que actúa en una superficie de contacto dentro del cuerpo de una Presa, cimentación-materiales de transición, muros de contención, pilas, tuberías, túneles y otras estructuras. Una matriz de celdas proporciona datos para determinar la distribución, el tamaño y la dirección del total de tensiones dentro del núcleo de arcilla, o de algún otro material.

Por lo regular las celdas son de forma circular (Las hay también rectangulares) compuestas por dos membranas de acero inoxidable unidas en su perímetro con soldadura tipo TIG, el espacio entre las membranas deberá estar ocupado por un aceite SAE W10 o con etilenglicol ambos des-aireados, las membranas conectan a un tubo de acero inoxidable de $\frac{1}{8}$ " de \varnothing de alta resistencia y en su final lleva un transductor neumático o del tipo eléctrico, para la primera se requiere de un tablero de medición igual al de los piezómetros neumáticos, para el tipo eléctrico se requiere de una consola de medición para instrumentos tipo VW. Por la característica eléctrica se pueden automatizar. La figura II.23 muestra una celda de presión total diseñada por el Instituto de Ingeniería de la UNAM y CFE, es del tipo circular con anillo de refuerzo perimetral, utiliza un transductor neumático, tablero a base de manómetros y una fuente de alimentación de aire comprimido

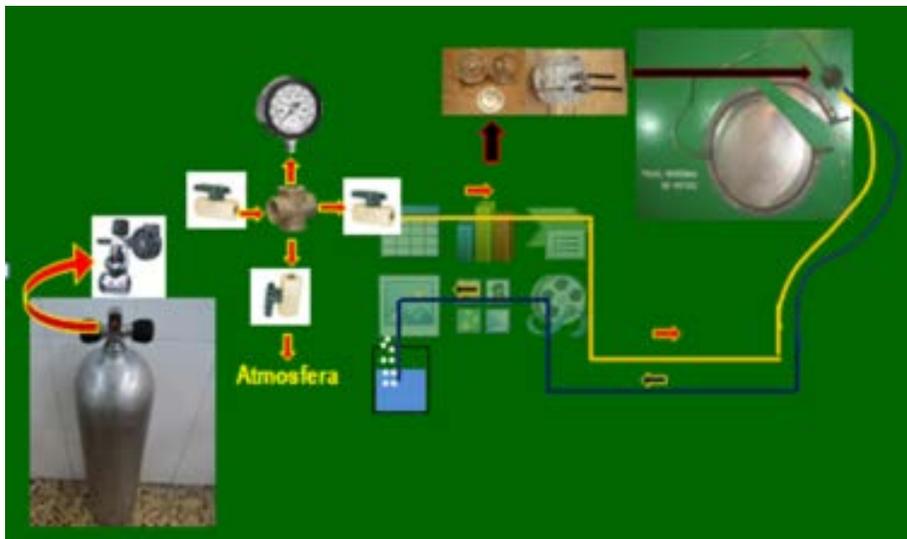


Fig. II.23 Celda de presión total

Vertedores de aforo.-

Son instrumentos que se utilizan para medir caudales de bajo gasto. Existen triangulares, rectangulares y trapezoidales, los primeros manejan menores gastos que los rectangulares o trapezoidales. Regularmente se utilizan para medir caudales en arroyos, canales o canaletas que se tienen en una Presa, pueden estar en la cimentación de la misma, aguas abajo o en galerías. Su método de medición es con escala graduada en mm que se posiciona en una referencia fija colocada lateralmente en una de las paredes que forman la canaleta. La figura II.24 muestra un vertedor de aforo del tipo rectangular, triangular y con sensor para automatización. Los primeros son para medirlos en forma manual con escala graduada El alcance de medición es variable y la exactitud que se puede obtener con escala es de ± 1 mm. Con sensor eléctrico, alcance de medición 150, 300, 600 y 1500 mm, exactitud 0.1% de la escala total.

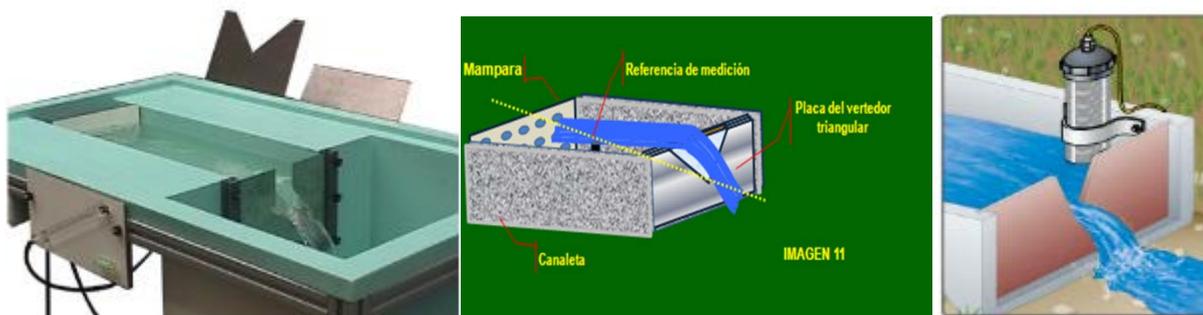


Fig. II.24 Vertedor rectangular, triangular y automatizado

Medidor de Nivel de Embalse.-

Los medidores de nivel de embalse pueden ser con base a escalas que se colocan en lugares visibles para facilitar la lectura, generalmente su ubican en las pilas de la obra de toma, sus graduaciones son bajo y sobrerrelieve con la alternancia de color o bien pintadas sobre regletas de material anticorrosivo, las graduaciones se acotan a cada cm y su longitud es variable de acuerdo al NAMINO y al NAME. Para tomar las lecturas de nivel los operadores se auxilian de binoculares, logrando una exactitud de ± 1 cm. La

figura II.25 muestra un prototipo de escalas graduadas. La cota de origen deberá estar referida a un banco para el control del nivel de embalse



Fig. II.25 Medidor de Nivel de Embalse. Lecturas manuales.

Estaciones climatológicas.-

Son una serie de equipos e instrumentos instalados dentro de un área determinada, con el objeto de medir: temperatura, humedad, viento (dirección y velocidad), precipitación y presión atmosférica. El objetivo es obtener información de los diferentes parámetros climatológicos para estudiar la incidencia que puedan tener sobre la estructura. Existen diferentes tipos de estaciones; las de elementos separados para medición manual y con elementos integrados en una sola estación en donde se pueden obtener los valores en tiempo real, su medición es automatizada o semiautomatizada (Figura II. 26).

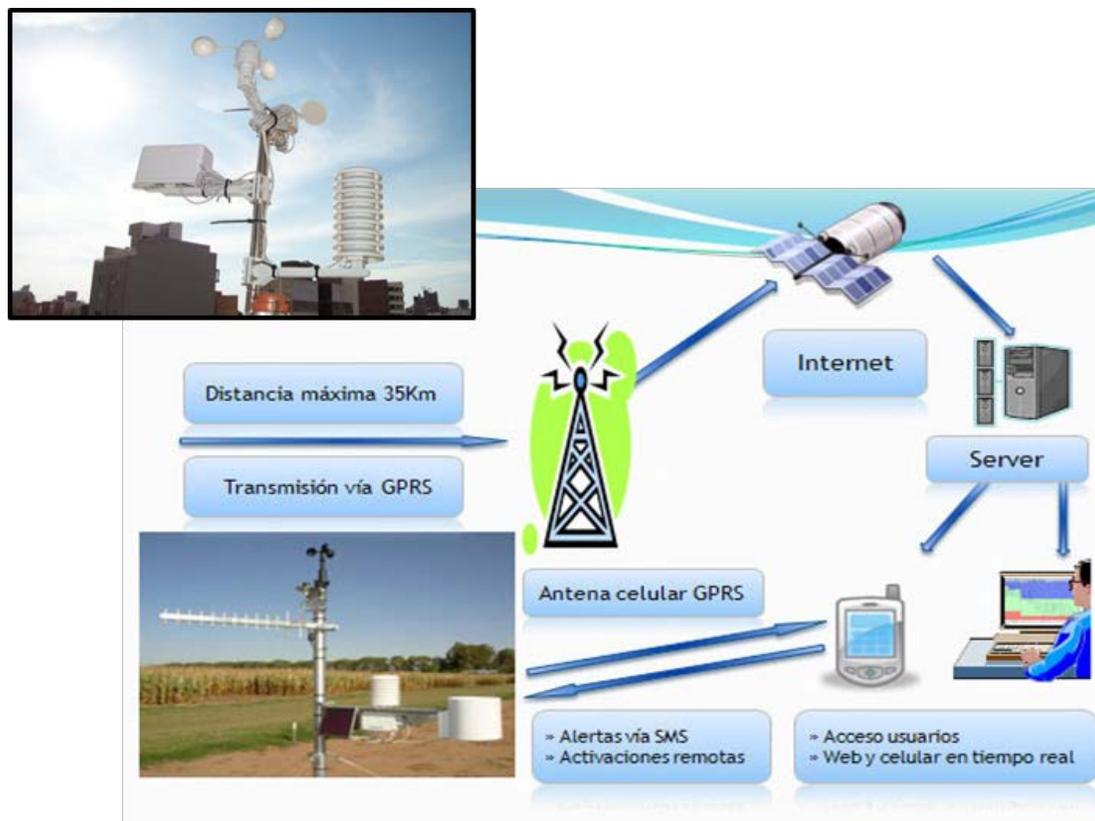


Fig. II. 26 Estaciones climatológicas

Sismógrafo.-

Es un instrumento usado para medir movimientos de la Tierra. Se basa en el principio de inercia de los cuerpos, como sabemos este principio nos dice que todos los cuerpos tienen una resistencia al movimiento o a variar su velocidad. Así, el movimiento del suelo puede ser medido con respecto a la posición de una masa suspendida por un elemento que le permita permanecer en reposo por algunos instantes con respecto al suelo. Al registro producido se le conoce como sismograma. (Figura II. 27).

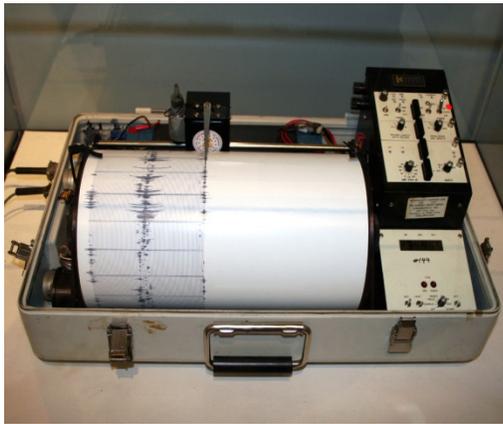
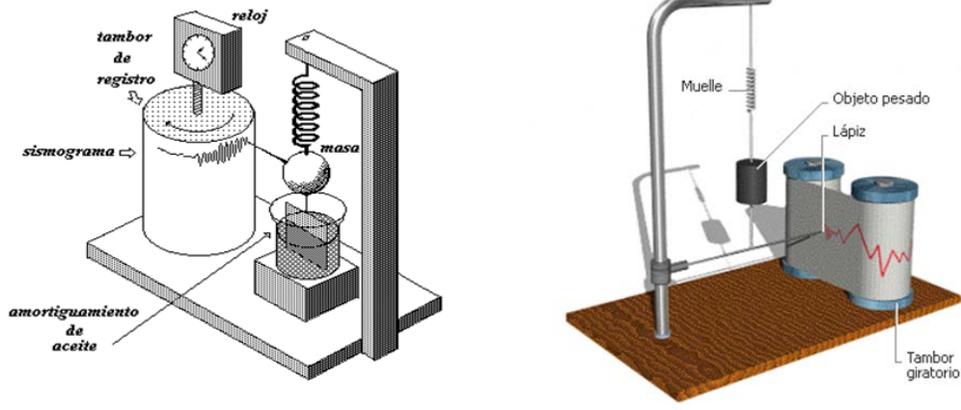


Fig. II.27 Sismógrafo

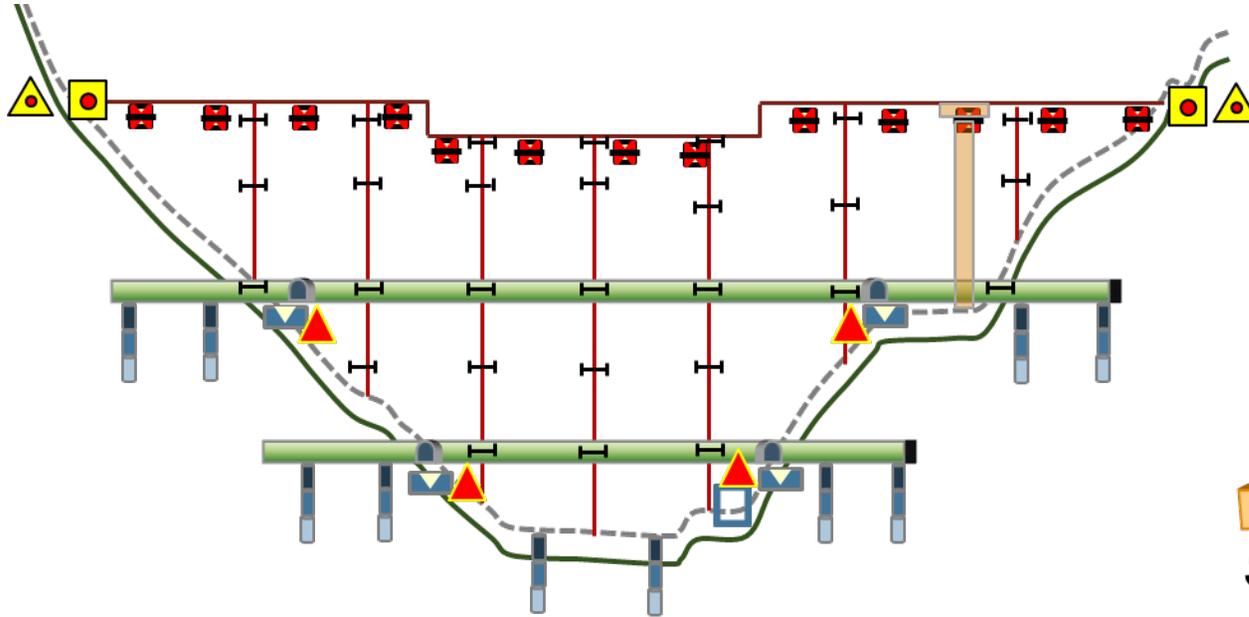
Acelerógrafo.-

Instrumento para medir aceleraciones del terreno en función del tiempo. Usualmente registra movimientos producidos por temblores fuertes o con epicentros cercanos. Los acelerógrafos se colocan en: Presas, Edificios, Puentes y otras estructuras. Su colocación es a diferentes niveles de la estructura en estudio, para conocer la influencia que se tiene de aceleración en esos niveles (Figura II.28)

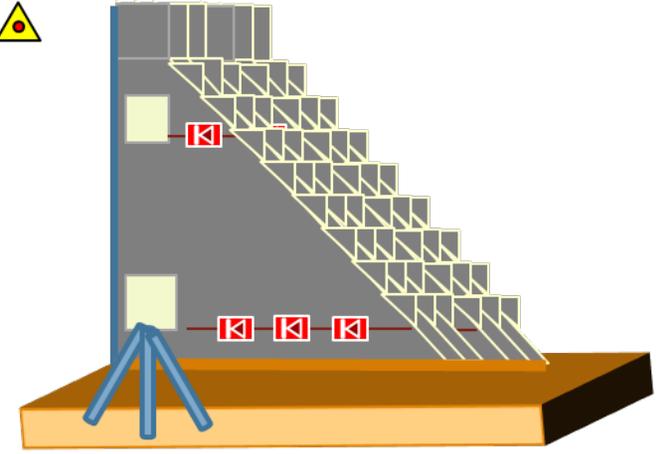


Fig. II.28 Acelerógrafo

ANEXO III
INSTRUMENTACIÓN EN PRESAS
(ESQUEMAS)



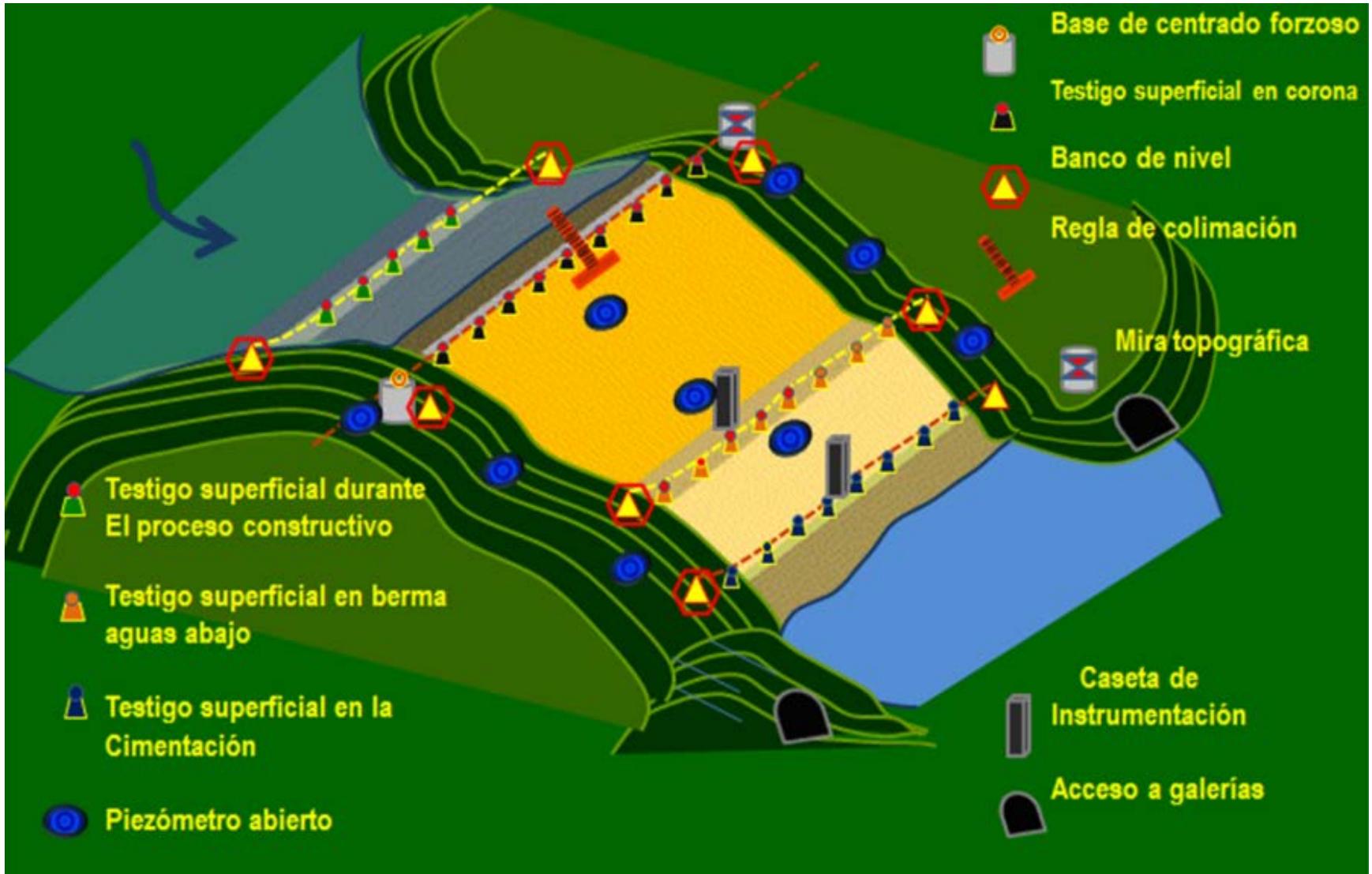
Sección longitudinal



Sección transversal

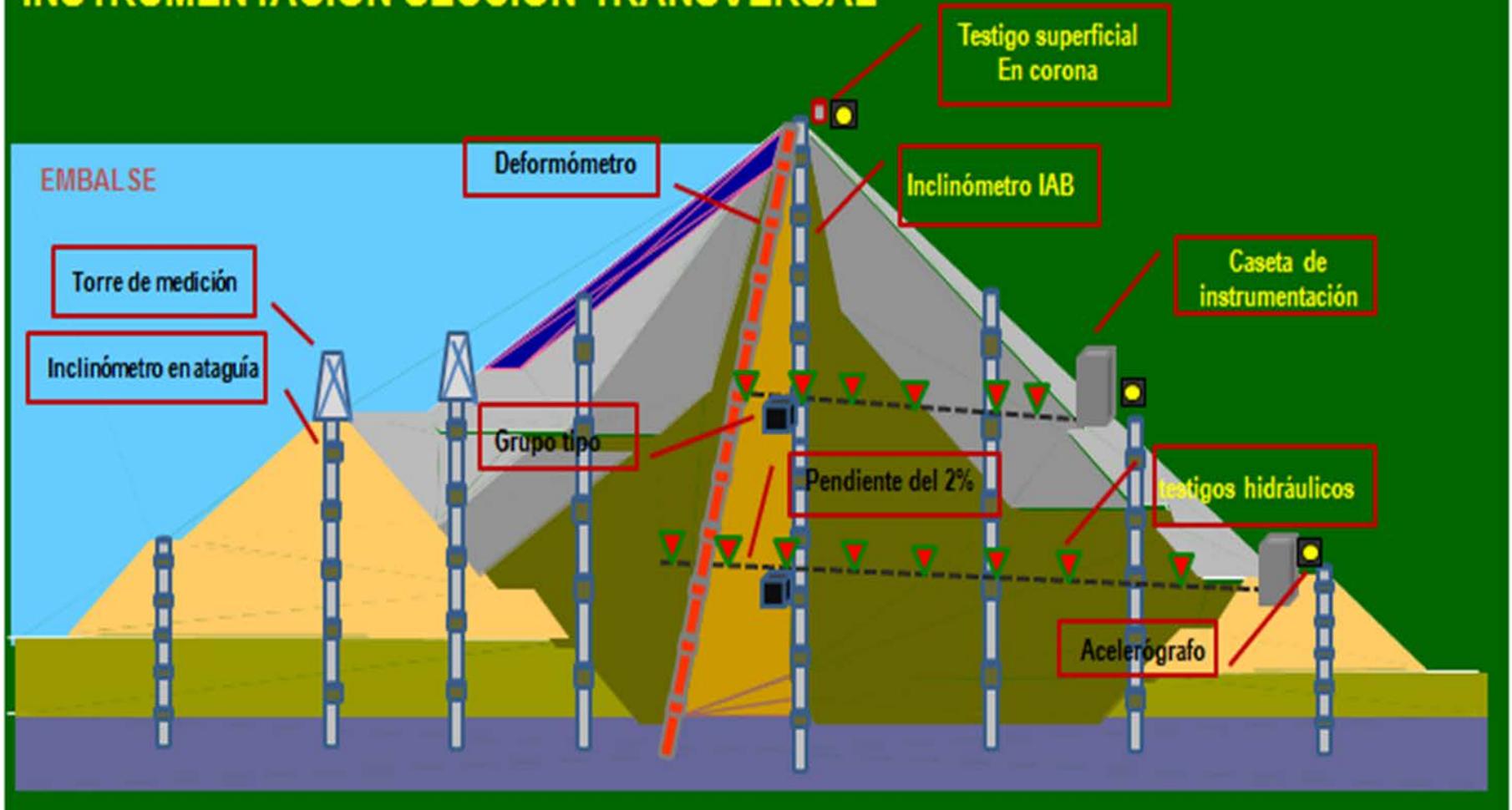
- | | | |
|---|--|--|
|  Piezómetros CG 3P |  Referencia topográfica |  Base centrado forzoso |
|  Termómetro |  Vertedor de aforo |  Piezómetro eléctrico |
|  Medidor de juntas |  M de deformación |  Banco de nivel |

Instrumentación de una Presa de CCR “Cortina Rígida”



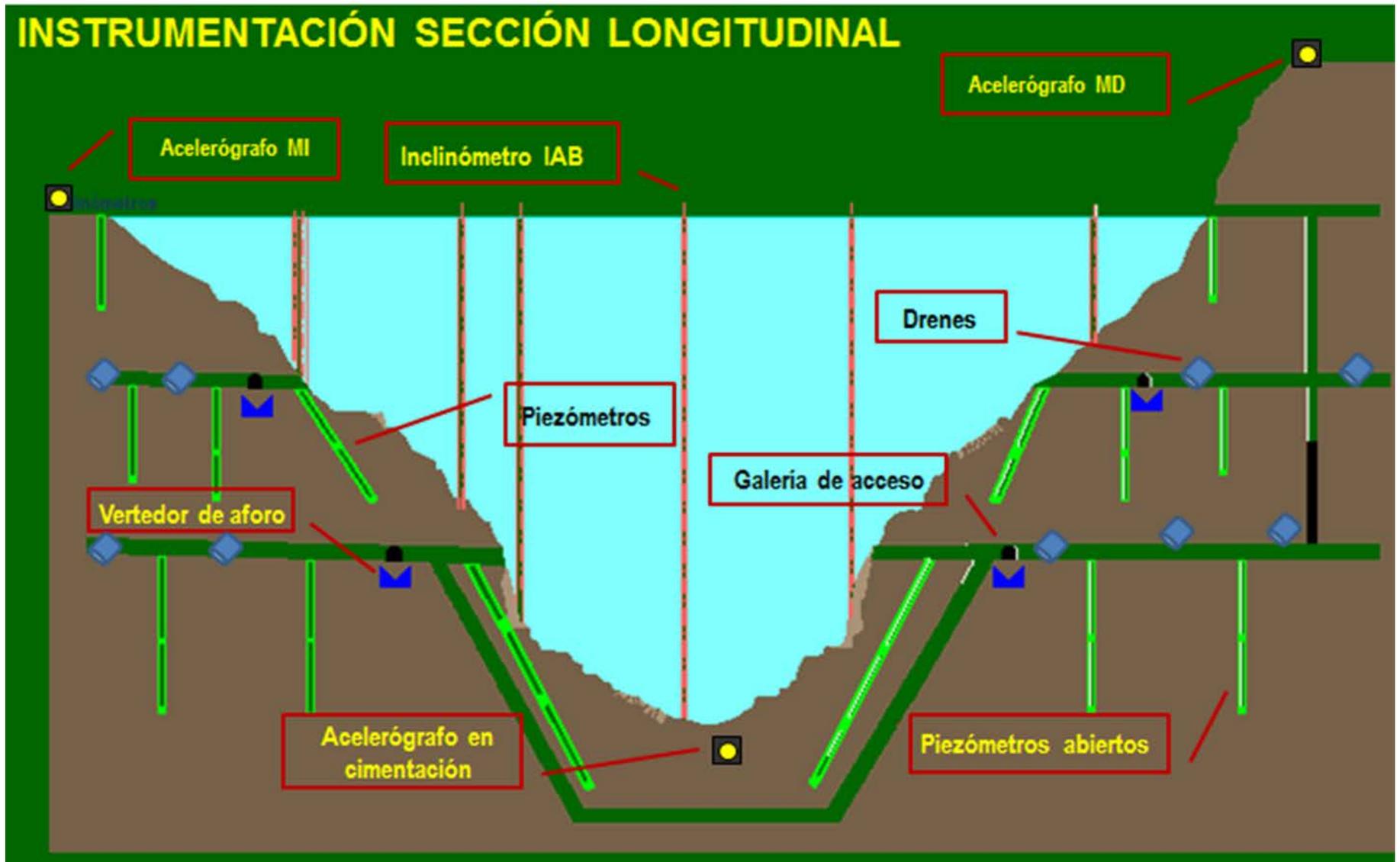
Instrumentación de una Presa “Flexible”

INSTRUMENTACIÓN SECCIÓN TRANSVERSAL

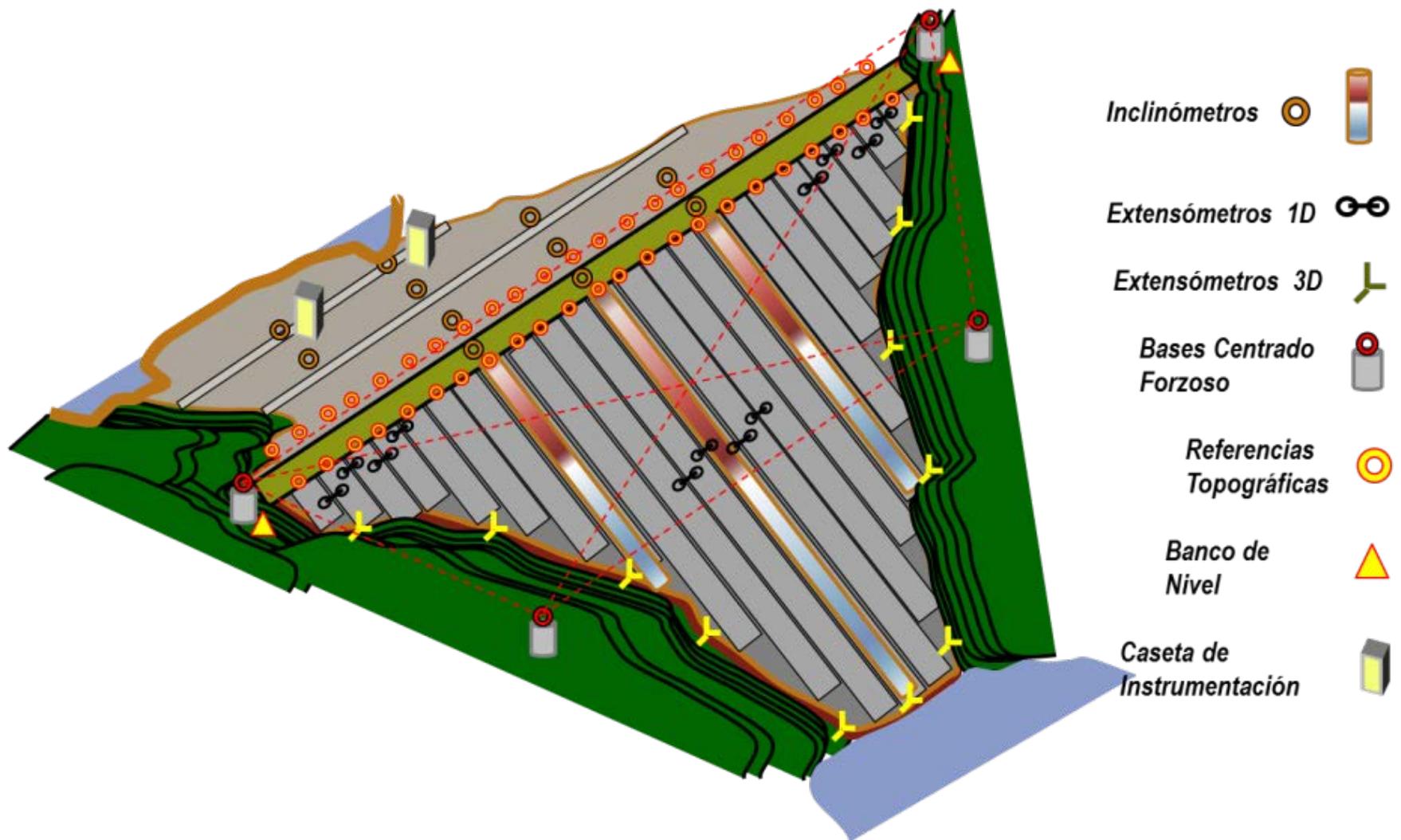


Instrumentación de una Presa (sección transversal)

INSTRUMENTACIÓN SECCIÓN LONGITUDINAL



Instrumentación de una Presa (sección longitudinal)



Instrumentación de una Presa de Enrocamiento con cara de Concreto

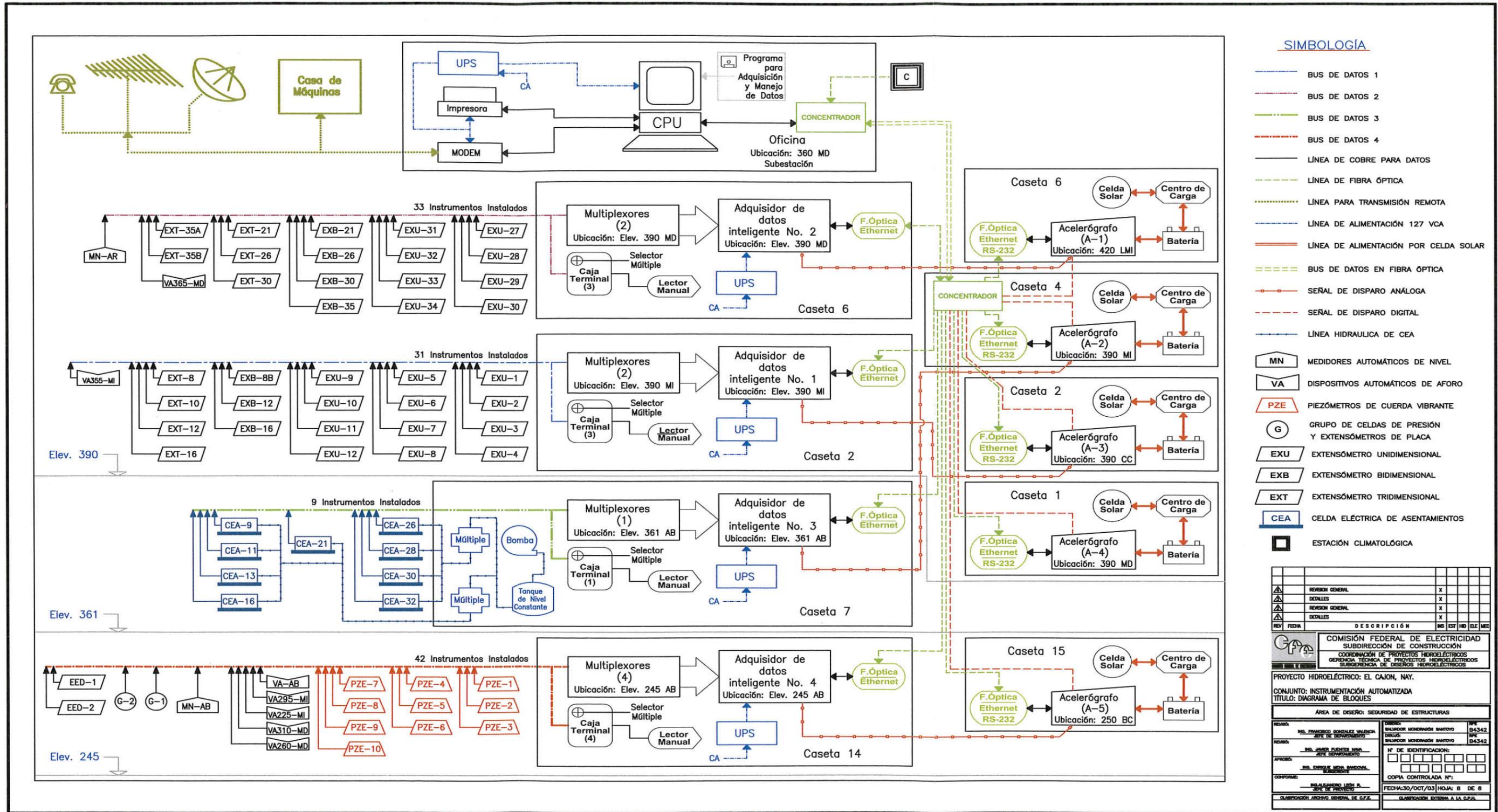


Diagrama de bloques de la instrumentación en el P.H. EL Cajón, Nay.

