



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
SISTEMAS – PLANEACIÓN

**ESTRATEGIA PARA MEJORAR EL DISEÑO DE PROYECTOS DE
INSTRUMENTACIÓN EN LA SEGURIDAD DE ESTRUCTURAS:
UN ESTUDIO DE CASO**

TESIS:
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ARMANDO VARGAS ANGELES

TUTOR PRINCIPAL
DR. JAVIER SUÁREZ ROCHA, FACULTAD DE INGENIERÍA, UNAM

CIUDAD DE MÉXICO. NOVIEMBRE 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Jorge Abraham Díaz Rodríguez

Secretario: Dr. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero

Vocal: Dr. Javier Suárez Rocha

1^{er}. Suplente: Dr. Mariano García Martínez

2^{do}. Suplente: M.I. Miguel Figueroa Bustos

Lugar o lugares donde se realizó la tesis:

Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria.

TUTOR DE TESIS:

Dr. Javier Suárez Rocha





Dedicatoria

A mis padres, esas dos estrellas que con su apoyo y confianza me inculcaron que los sueños se pueden lograr con esfuerzo y dedicación; aunque ya no están físicamente conmigo, los llevo en el corazón y en el pensamiento.

A mis hermanos, Ernesto y Daniela, por su cariño y apoyo incondicional, no solamente en esta aventura, sino en toda mi vida. Gracias por estar para mí en los buenos y malos momentos.

A mí elección de vida, Liz. Gracias por el apoyo desde el inicio de esta maravillosa etapa, por tu motivación, comprensión e impulso para aprovechar al máximo esta aventura del posgrado.





Agradecimientos

A la Universidad Nacional Autónoma de México, que desde el bachillerato he tenido el orgullo y privilegio de estar en sus aulas, formándome como persona y como profesional.

A la Comisión Federal de Electricidad en la que me he desarrollado profesionalmente y me ha permitido explorar en áreas desconocidas para mí.

Al Dr. Javier Suárez Rocha por su guía, consejos y lecciones de vida. Gracias por la confianza depositada en mí y por los momentos de convivencia que servían de motivación para estar enfocado e hicieron que esta etapa fuera inolvidable.

A los Dres. Gabriel de las Nieves Sánchez Guerrero y Mariano García Martínez por su valioso apoyo, comentarios y transmisión de conocimiento no solo en clases, también en la realización de este trabajo. Sus enseñanzas me ayudan a enfocarme más allá de este proyecto.

Al Dr. Jorge Abraham Díaz Rodríguez y al M.I Miguel Figueroa Bustos que fueron parte importante de la afinación del proyecto.

A mis Jefes del trabajo por el apoyo incondicional, facilitándome las maneras de enfocarme y dando prioridad a mi estudio.

Al “Dr. Antonio” por su amistad y apoyo; a mis compañeros de escuela y de trabajo que participaron en todas mis locuras.





Índice

Resumen	1
Abstract	2
Introducción	3
Capítulo 1 . Antecedentes	5
1.1 Seguridad de Estructuras	5
1.2 La instrumentación geotécnica	6
1.3 Principales sensores de instrumentación	8
1.4 Actualidad de la Comisión Federal de Electricidad	11
1.5 Conclusiones	16
Capítulo 2 . Problema de investigación	17
2.1 Formulación de la problemática	17
2.2 Delimitación del problema	21
2.3 Supuesto	22
2.4 Otras posibles soluciones	23
2.5 Conclusiones	24
Capítulo 3 . Marco teórico	27
3.1 Enfoque de sistemas	27
3.2 Paradigma cibernético	28
3.3 Proyecto de instrumentación como un sistema	30
3.4 Técnica Delphi	34
3.5 Conclusiones	39



Capítulo 4 . Estrategia para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación en la seguridad de estructuras	41
4.1 Aplicación de la técnica Delphi	41
4.2 Selección del panel de expertos	42
4.3 Elaboración de cuestionarios	46
4.4 Análisis de resultados	50
4.5 Desarrollo de la estrategia	51
4.8 Conclusiones	60
Capítulo 5 . El estudio de caso	63
5.1 Selección del proyecto	63
5.2 Implementación de la estrategia	64
5.3 Conclusiones	69
Investigaciones futuras	71
Conclusiones generales	73
Referencias bibliográficas	75
Básica	75
Complementaria	75
Tesis	76
Mesografía	76
Glosario	77
Anexos	79
Anexo A. Código de programa de Coeficiente de Competencia Experta	79
Anexo B. Análisis de cuestionarios de la técnica Delphi	84



Índice de figuras

Figura 1-1. Ejemplo de estructuras	5
Figura 1-2. Proyecto de instrumentación de una presa.....	6
Figura 1-3. Proceso de monitoreo	7
Figura 1-4. Esquema de instrumentación automática	7
Figura 1-5. Diagrama de instrumentación automatizada	8
Figura 1-6. Diversidad de piezómetros y partes que lo componen	9
Figura 1-7. Extensómetro de Slope Indicator e instalación	9
Figura 1-8. Celdas de carga marga Geokon	10
Figura 1-9. Estación acelerográfica y acelerograma	10
Figura 1-10. Diagrama de extensómetro y gráfica de datos	11
Figura 1-11. Estación y componentes GPS del monitoreo en la C.H La Yesca	11
Figura 1-12. Restructuración de CFE.....	12
Figura 1-13. Plan de transformación de CFE.....	12
Figura 1-14. Visión estratégica de CFE.....	13
Figura 1-15. Principales actividades para el 2018.....	13
Figura 1-16. Red eléctrica de CFE.....	14
Figura 1-17. Distribución de plantas generadoras de energía de CFE	14
Figura 1-18. Proyectos concluidos en CFE durante 2015 y 2016	15
Figura 1-19. Análisis morfológico de proyectos de CFE	15
Figura 2-1. Esquema de instrumentación	17
Figura 2-2. Proceso de proyecto de instrumentación en CFE.....	18
Figura 2-3. Árbol de objetivos del diseño de proyectos	18
Figura 2-4. Diagrama causa-efecto del proceso de instrumentación	19
Figura 2-5. Problemas detectados	21
Figura 2-6. Problemas delimitados	22
Figura 2-7. Estado ideal del supuesto	23
Figura 3-1. Composición de un sistema	27
Figura 3-2. Descomposición de un sistema	28
Figura 3-3. Enfoques de la cibernética.....	29
Figura 3-4. Sistema bajo paradigma cibernético	30
Figura 3-5. Mapa conceptual del diseño de proyectos.....	31
Figura 3-6. Descomposición del sistema de proyectos.....	32
Figura 3-7. Proceso del proyecto y su descomposición funcional	33
Figura 3-8. Etapas de la técnica Delphi	36
Figura 3-9. Ciclo de la técnica Delphi	38
Figura 4-1. Técnica Delphi aplicada	41
Figura 4-2. Características de un experto	42
Figura 4-3. Selección de expertos en organigrama.....	43
Figura 4-4. Programa de coeficiente de experiencia experta	44
Figura 4-5. Resultado de la consulta a expertos	45
Figura 4-6. Primer cuestionario en papel.....	47



Figura 4-7. Formato electrónico del primer cuestionario.....	48
Figura 4-8. Segundo cuestionario en papel	49
Figura 4-9. Formato electrónico del segundo cuestionario	50
Figura 4-10. Estrategia	52
Figura 4-11. Modificación al proceso del diseño de proyectos	53
Figura 4-12. Plantilla de actividades	54
Figura 4-13. Perfil del personal	55
Figura 4-14. Cursos para puestos de ingeniería.....	56
Figura 4-15. Cursos para puestos de jefatura	57
Figura 4-16. Comunicación de resultados por áreas	59
Figura 4-17. Esquema de página web	60
Figura 4-18. Proceso original (Izquierda) y proceso modificado (derecho)	61
Figura 5-1. Cambio de NAMO en central hidroeléctrica.....	64
Figura 5-2. Candidatos para jefe de proyecto.....	65
Figura 5-3. Objetivos por disciplina	66
Figura 5-4. Organigrama por disciplina.....	67
Figura 0-1. Instalación de programa	79
Figura 0-2. Descripción de funciones del programa	79
Figura 0-3. Opciones de validación de expertos	80
Figura 0-4. Primer cuestionario del método Delphi.....	84
Figura 0-5. Respuestas del primer cuestionario	85
Figura 0-6. Segundo cuestionario del método Delphi	86
Figura 0-7. Respuestas del segundo cuestionario.....	87

Índice de tablas

Tablas 2-1 y 2-2. Selección y primera agrupación de ideas de la técnica TGN	20
Tabla 4-1. Panel de expertos seleccionados	46
Tablas 4-2 y 4-3. Respuestas del primer y segundo cuestionario	51
Tabla 4-3. Indicadores.....	58
Tabla 5-1. Comparativa entre el proceso de original y el desarrollado en la estrategia	70



Resumen

La Seguridad de Estructuras es una rama multidisciplinaria que se deriva de la Ingeniería Civil. Es un área especializada orientada a monitorear, supervisar, diagnosticar, diseñar y mejorar las condiciones físicas en las que se encuentran las estructuras elaboradas principalmente por el hombre, aunque también las de formación natural. Como principal objetivo, la Seguridad de Estructuras está enfocada a salvaguardar y proteger a los seres vivos que se encuentran dentro y cerca de las estructuras.

Para garantizar esa seguridad es necesario que las estructuras estén instrumentadas, que se obtengan datos de los puntos críticos para ser analizados e interpretar sus condiciones dinámicas y estáticas.

La cantidad de estructuras que se pueden instrumentar es variada. Cada estructura requiere de instrumentación específica de acuerdo al estudio que se quiera realizar.

Para mejorar el diseño de la instrumentación automatizada en la seguridad de estructuras, se elaboró una estrategia que reducirá el tiempo y los insumos requeridos para su realización, ayudará a identificar los puntos críticos y los instrumentos idóneos que actualmente se encuentran disponibles en el mercado; además, contará con la participación de las personas indicadas (expertos en el campo de estudio), disponiendo de la mínima cantidad de tiempo, esto para que estén disponibles para otras tareas o proyectos y fortalezca la sinergia entre las áreas involucradas.

Para el diagnóstico de la problemática, se aplicó la técnica Delphi a los principales expertos en materiales, concretos, estructuras, evaluación, instalaciones, mecánica de rocas y de electrónica. Con las respuestas de los cuestionarios, se detectaron áreas de oportunidad dentro del proceso del diseño de proyectos de instrumentación. A través de los enfoques de sistemas y de planeación se desarrolló una estrategia que permitió corregir dichas áreas de oportunidad.

Con la estrategia desarrollada, se implementó un proyecto interno de la empresa para verificar el desempeño de las actividades propuestas y constatar las mejoras obtenidas.

Los resultados pueden ser aplicados a cualquier otra área dentro de la institución. Se presentará el entregable a las autoridades para su revisión y aplicación.

Palabras Clave: Seguridad, Estructuras, Instrumentación, Estrategia, Delphi y Proyectos.





Abstract

The Safety of Structures is a multidisciplinary branch that derives from Civil Engineering. It is a specialized area oriented to monitor, supervise, diagnose, design and improve the physical conditions in which the structures are mainly made by man, but also those of natural formation. As a main objective, the Safety of Structures is focused on safeguarding and protecting the living beings that are inside and near the structures.

To guarantee this security it is necessary that the structures are instrumented, that data of the critical points be obtained to be analyzed and interpret their dynamic and static conditions.

The number of structures that can be instrumented is varied. Each structure requires specific instrumentation according to the study that you want to perform.

To improve the design of automated instrumentation in the safety of structures, a strategy was carried out that will reduce the time and the inputs required for its realization, will help to identify the critical points and the suitable instruments that are currently available in the market; and will have the participation of the people indicated (experts in your field of study) having the minimum amount of time, this to make them available for other tasks or projects and strengthen the synergy between the areas involved.

For the diagnosis of the problem, the Delphi technique was applied to the main experts in materials, concretes, structures, evaluation, installations, rock mechanics and electronics. With the responses of the questionnaires, areas of opportunity were detected within the process of designing instrumentation projects. Through the systems and planning approaches, a strategy was developed that allowed correcting those areas of opportunity.

With the strategy developed, an internal project of the company was implemented to verify the performance of the proposed activities and to verify the improvements obtained.

The results obtained can be applied to any other area within the institution. The deliverable will be presented to the authorities for review and application.

Key Words: Security, Structures, Instrumentation, Strategy, Delphi and Projects.





Introducción

Es importante que las estructuras naturales o hechas por el hombre tengan un periodo de vida prolongado, ya que representan una inversión económica, de tiempo y espacio, pero más importante aún, es que las estructuras no representen un riesgo para las personas que las utilizan de manera presencial (edificios, casas, etc.) o de manera remota (presas, canales, torres de comunicación, edificios, etc.).

Por ejemplo, al presentarse un problema de fisura o de núcleo permeable en una presa, y esta no pueda contener la cantidad de agua almacenada en su embalse, el agua saldrá violentamente y sin control a buscar su cauce natural, arrasando con todo lo que se le ponga enfrente, sean humanos, animales, flora y estructuras. Esto sería una tragedia para los poblados que se encuentren aguas abajo de la presa.

Otro ejemplo, si ocurriera un sismo de magnitud superior a los 8 grados en la escala de Richter en la ciudad de México, como ocurrió en 1985, los edificios más altos, viejos y pesados estarían en riesgo de colapsarse por los movimientos oscilatorios o trepidatorios. Al desplomarse cualquier edificio la vida de los habitantes estarían en grave riesgo, inclusive la gente que pasara en las cercanías del edificio también correría peligro. Más que la pérdida económica que representaría el edificio, la pérdida humana sería la mayor desgracia.

Un ejemplo más sería el desplome de una mina cuando se retira material y hay gente laborando dentro de ella. Si se bloquea la entrada principal, se debe garantizar que los ductos auxiliares de ventilación estén en buen estado para mantener oxigenado al personal atrapado.

Como se puede ver en los ejemplos anteriores, es de suma importancia que las estructuras se encuentren en óptimas condiciones operativas y que, al presentarse un evento natural, estas puedan contenerse y seguir erguidas. Para este objetivo surge la Seguridad de Estructuras.

La Seguridad de Estructuras se encargará de diagnosticar el estado físico y operativo de la estructura, esto a través de un monitoreo de los principales factores que pudieran provocar que la estructura se degradara rápidamente. Este monitoreo se lleva a cabo mediante la instrumentación del complejo donde se encuentra asentada la estructura y está encaminada a la medición de condiciones físicas como fuerza, distancia, presión y aceleración. Los datos aportados por los sensores servirán para hacer una evaluación del estado operativo y generar soluciones o recomendaciones para alargar la vida de la estructura.

En la actualidad la instrumentación tiene un papel importante en la industria. La producción en línea de los diversos productos que consumimos día a día requiere que sea automatizada, que contenga precisión para cortar material, para soldar piezas, para ensamblar, etc. La instrumentación aporta el toque fino a la producción. Esta visión de la instrumentación no es generalizada, ya que la instrumentación enfocada a la seguridad, en ocasiones se interpreta como un gasto innecesario porque no se ven resultados instantáneos. Sin embargo, el resultado del monitoreo es la pauta para un diagnóstico preciso y evitar costos mayores por mantenimientos correctivos.

Con la implementación de proyectos de instrumentación en la Seguridad de Estructuras se tendrán más datos para analizar las diversas estructuras y crear soluciones a problemas específicos e



inclusive la generación de nuevo conocimiento, para mejorar y hacer cada vez más seguras y resistentes a las estructuras.

En el primer capítulo “Antecedentes”, se desarrollan los conceptos necesarios para entender que es la Seguridad de Estructuras y sus principales aplicaciones. Se describe el funcionamiento de los principales instrumentos para el monitoreo geotécnico.

En el segundo capítulo “Problema de investigación”, veremos a través de los elementos y las etapas que se desarrollan en un proyecto de instrumentación. Mediante el apoyo de personal técnico y administrativo, se establecerán los problemas y se unificarán los criterios para la formulación de la problemática, esto apoyado en una técnica participativa. Para acotar el alcance de este trabajo se delimita la problemática y así ser más específicos en su análisis.

En el tercer capítulo “Marco Teórico”, se describen los conceptos necesarios para el análisis del objeto de estudio de acuerdo al enfoque de sistemas. Se establece el proceso de la creación de los proyectos de instrumentación desde su diseño hasta su implementación como un sistema, analizándolo por medio del paradigma cibernético. Se describe la técnica de Delphi para encontrar posibles soluciones a la problemática.

En el cuarto capítulo “Estrategia para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación automatizada en la Seguridad de Estructuras”, se establece el proceso de planeación, generando una estrategia que disminuya los recursos utilizados y aumente la sinergia con las áreas que intervienen en cada proyecto.

En el quinto capítulo “Estudio de caso”, se documenta la implementación de la estrategia establecida en el diseño de proyectos, aplicados en las áreas participantes. Se verifican los cambios generados por la estrategia mediante los indicadores internos de la institución y del cliente final.

En el sexto capítulo “Investigaciones Futuras”, se establece las líneas a seguir para continuar con la aplicación de la estrategia a largo plazo, así como poder incluir modificaciones que mejoren la estrategia.

Capítulo 1 . Antecedentes

Para comprender el mundo de la instrumentación orientada a la geotecnia es necesario contar con nociones de los principales instrumentos de seguridad y de estructuras. En el presente capítulo se abordan los temas mencionados.

1.1 Seguridad de Estructuras

La Seguridad de Estructuras es una rama multidisciplinaria que se deriva de la Ingeniería Civil. Es un área especializada orientada a monitorear, supervisar y diagnosticar las condiciones físicas en las que se encuentran las estructuras elaboradas principalmente por el hombre, aunque también las de formación natural, esto para estructuras ya construidas. Para proyectos que aún no se realizan, la Seguridad de Estructuras, se encarga del diseño de la instrumentación para la auscultación y monitoreo durante la construcción y puesta en operación.

Como principal objetivo, la Seguridad de Estructuras está enfocada a salvaguardar y proteger a los seres vivos que se encuentran dentro y cerca de las estructuras, o que las utilizan. Las principales estructuras comprenden edificaciones (casas, edificios), plantas de producción (generación de energía, fabricas), torres (de comunicación y de energía), canales de agua, etc. En la figura 1-1 se muestran diversas estructuras.



Figura 1-1. Ejemplo de estructuras
Fuente: Elaboración e imágenes propias

Cuando la estructura aún no se ha diseñado, se pueden establecer las condiciones de seguridad con las que debe operar durante su vida útil. Cuando la estructura está construida, se deben verificar los parámetros de diseño o las normas establecidas para cada una, es decir, que la estructura se

encuentre dentro de los límites máximos y mínimos de operación para la que fue diseñada, bajo las condiciones a las que ha sido expuesta.

Si bien, la Seguridad de Estructuras puede realizar diagnósticos y evaluaciones del estado físico mediante visitas de inspección, su principal pilar se encuentra en la instrumentación.

1.2 La instrumentación geotécnica

Para conocer el estado físico de una estructura es necesaria la medición de variables físicas en puntos estratégicos, de acuerdo al tipo de estructura. La medición se realiza a través de instrumentación instalada temporal o permanente. Dentro de la permanente puede ser medida de manera constante (automatizada) o de forma provisional a través de campañas de medición; para la temporal solo se instalan por cierto tiempo y se retiran al termino del estudio.

La instrumentación geotécnica está orientada al monitoreo de sensores para la detección de desplazamientos laterales, bufamientos, asentamientos, agrietamientos y presiones anormales que pueden presentar las estructuras a través del tiempo.

Los datos que aporta la instrumentación deben ser claros y significativos, para la determinación de un diagnóstico y para el planteamiento de una posible solución a una problemática; también, debe ser basta, posiblemente redundante y de asociación entre sensores, esto para contar con una visión holística cuando existen eventos que no se pueden predecir o controlar, como por ejemplo los sismos.

De acuerdo al tipo de estudio que se necesita realizar en la estructura, la instrumentación debe estar contenida dentro y fuera del área de estudio; es decir, debe estar midiendo directamente la variable física y a manera de referencia debe contar con elementos externos. Su instalación debe ser en lugares de fácil acceso, esto para poder ingresar a medir (si el instrumento es manual) o para realizar mantenimientos preventivos y correctivos.

En la actualidad, los datos que aportan los sensores deben almacenarse en una base de datos para general un historial de comportamiento a través del tiempo. En la figura 1-2 se muestra la relación de instrumentación a lo largo de una presa y en la figura 1-3 los pasos de un sistema de monitoreo.

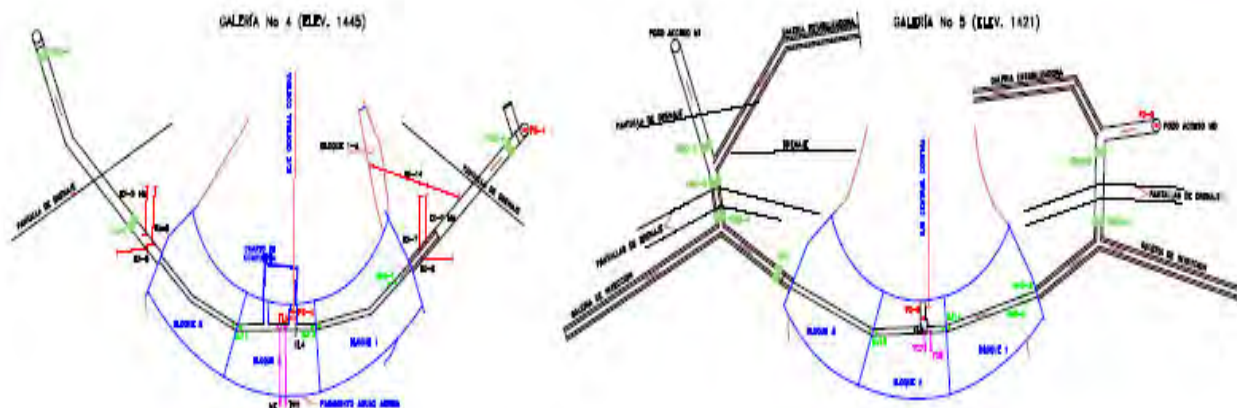


Figura 1-2. Proyecto de instrumentación de una presa
Fuente: CFE (2014)

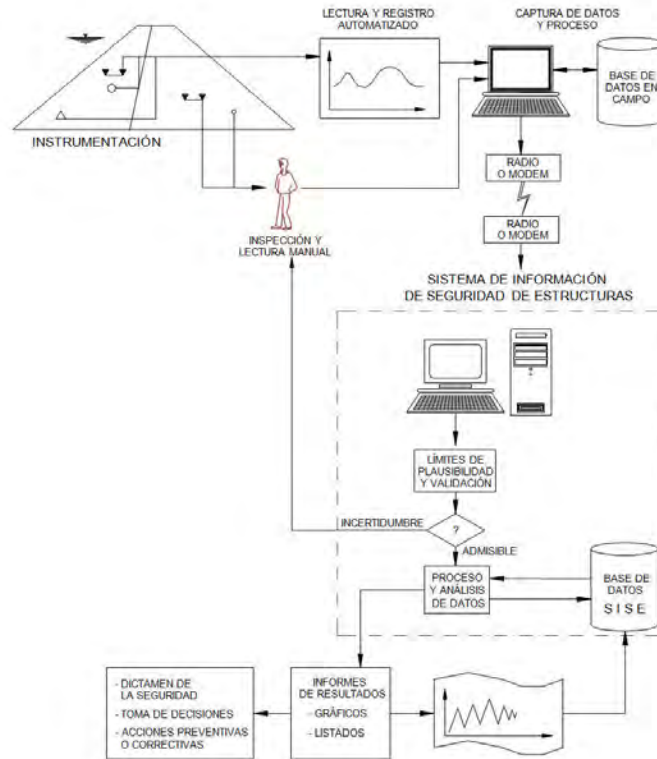


Figura 1-3. Proceso de monitoreo
Fuente: CFE (2014)

Con la instrumentación automatizada se puede contar con datos de manera continua, ya que su instalación puede ser en sitios inaccesibles o peligrosos, por lo tanto, no se expone al personal a tomar lecturas manuales; asimismo, se evitan errores humanos en la lectura como el error de paralaje, y también se aumenta la repetibilidad de lecturas. Las etapas de la instrumentación automatizada se muestran en la figura 1-4.



Figura 1-4. Esquema de instrumentación automática
Fuente: Elaboración propia

En proyectos de instrumentación, se realizan diagramas unifilares para visualizar de manera completa cada instrumento. En el diagrama se muestran los elementos que componen el sistema, su distribución y conexión a cada adquisidor de datos, así como las comunicaciones necesarias para transportar los datos a una estación central donde se procesan para su análisis. En la figura 1-5 se muestra un diagrama unifilar.

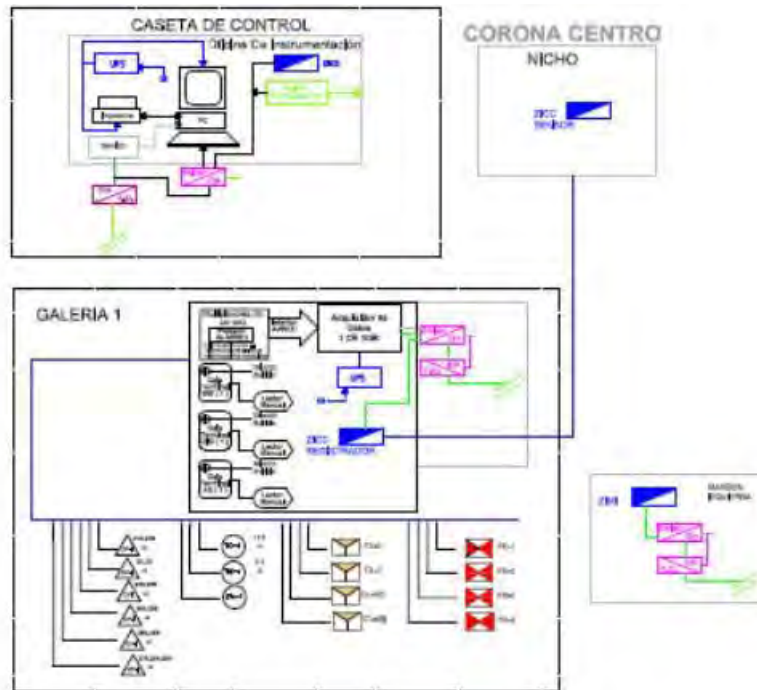


Figura 1-5. Diagrama de instrumentación automatizada
Fuente: CFE (2014)

1.3 Principales sensores de instrumentación

Con el avance de la tecnología han surgido una gran variedad de instrumentos de medición con diferentes técnicas para censar una misma variable física. La elección de uno u otro instrumento radicará en un análisis costo-beneficio, con un soporte técnico adecuado para el tipo de aplicación en especial. Las principales marcas utilizadas en la instrumentación geotécnica son:

- Slope Indicator.
- RST Instrument.
- Geokon.
- Sisgeo.
- Campbell Sci.
- Kinematics.

Aunque la gama de instrumentos sea muy grande, existen algunos básicos para monitorear o medir utilizados en la Seguridad de Estructuras. Las principales marcas a nivel internacional son: Slope Indicator, Geokon, RST Instrument, Sysgeo, etc. A continuación, se describen los sensores más importantes:

- **Piezómetro.** - Instrumento que mide la columna de agua sobre él. A través de una membrana en la punta del equipo, mide la presión ejercida por el fluido, se convierte en señal eléctrica y mediante fichas de calibración se obtiene el equivalente a unidades físicas. Su principal uso es la medición del nivel freático.

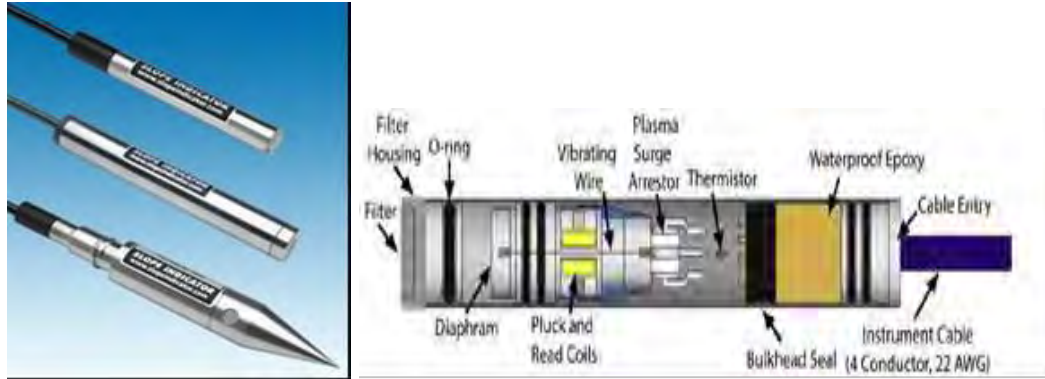


Figura 1-6. Diversidad de piezómetros y partes que lo componen
Fuente: <http://www.slopeindicator.com/instruments/piezo-vw.php>

- **Extensómetro.** - Instrumento de precisión que mide las deformaciones que se producen en las piezas sometidas a esfuerzos de tracción o de compresión, por diferencia de dilatación en ensayos de metales, etc. Pueden ser mecánicos o eléctricos. Los mecánicos son menos precisos y miden el alargamiento producido en una pieza como consecuencia de la acción de una carga. Los eléctricos, también denominados galgas, son mucho más precisos y su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de un hilo en función de la variación de su sección; la resistencia se mide mediante el puente de Wheatstone (<http://www.lahistoriaconmapas.com/historia/historia2/definicion-de-extensometro/>).



Figura 1-7. Extensómetro de Slope Indicator e instalación
Fuente: <http://www.slopeindicator.com/instruments/ext-intro.php>

- **Celda de Carga.** - Una celda de carga es un transductor que convierte una magnitud de masa en una señal eléctrica, su principio de funcionamiento es a través de galgas extensiométricas configuradas como puente de Wheatstone, son comúnmente utilizadas en todas las aplicaciones de pesaje digital.



Figura 1-8. Celdas de carga marga Geokon
Fuente: <http://www.geokon.com/4900>

- **Acelerógrafo.** - Instrumento electrónico que mide movimientos triaxiales sobre una superficie aislada del suelo a través de sensores de aceleración. Su principal uso se encuentra en el registro de sismos detectados sobre su banco de instalación aislado de las estructuras. Al presentarse un sismo, el acelerógrafo cambia su estado operativo de espera a uno activo para grabar la información de sus sensores durante el movimiento y en periodos previos y posteriores al evento para contar con datos sobre la transición que presenta la estructura estudiada, al pasar de un estado estático a uno dinámico y viceversa. En la figura 1-9 se muestra una estación acelerográfica tipo con caja metálica de protección para intemperie.



Figura 1-9. Estación acelerográfica y acelerograma
Fuente: Foto Original y gráfica propia

- **Inclinómetro.** - Es un instrumento que nos sirve para medir la inclinación de un plano con la horizontal o vertical respecto a la superficie terrestre. En geotecnia, el inclinómetro o sondeo inclinométrico es un sistema de instrumentación que permite medir los desplazamientos horizontales en taludes y terrenos inestables. (<https://www.patologiasconstruccion.net/2015/03/inclinometros-descripcion-uso-y-recomendaciones-1/>).

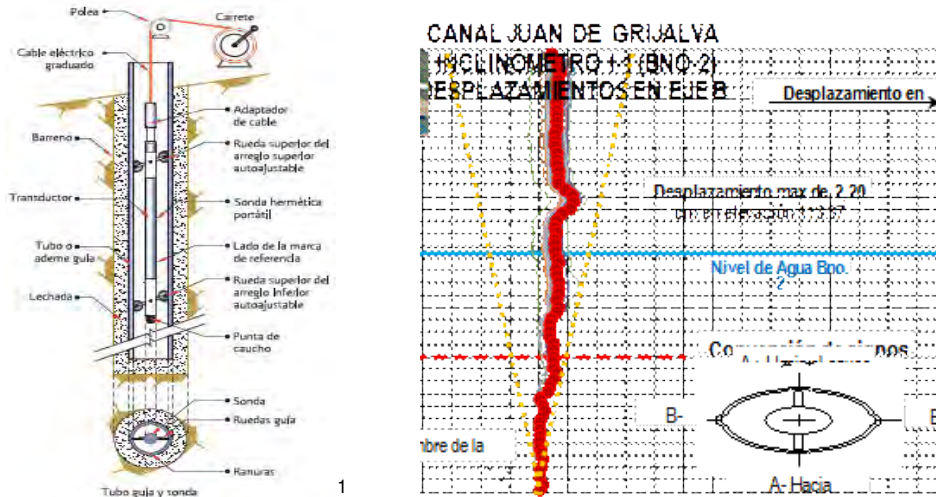


Figura 1-10. Diagrama de extensómetro y gráfica de datos
Fuente: CONAGUA (2013) y gráfica del comportamiento del Grijalva-CFE (2015)

- **Sistemas GPS.** - Mediante satélites se conoce la posición de un receptor GPS, y con otra referencia sobre el plano de la tierra, se obtiene una resolución mayor para el monitoreo constante de desplazamientos tridimensionales en tiempo real. Su principal uso es el monitoreo de movimientos de varias estructuras para la prevención de deslizamientos acelerados o súbitos.



Figura 1-11. Estación y componentes GPS del monitoreo en la C.H La Yesca
Fuente: Fotos propias.

1.4 Actualidad de la Comisión Federal de Electricidad

El cambio que atraviesa el país al nivel de la industria proveedora de servicios energéticos y de construcciones civiles es cada vez más acelerado, requieren que sus instalaciones estén mejor diseñadas para su óptimo estado, bienestar y confort de los usuarios de esa infraestructura.

Las posibilidades de realizar proyectos de diseño e implementación de instrumentación, no solo están encaminados hacia nueva nuevos proyectos, sino también a la modernización de los sistemas

¹ Manual de Mecánica de Suelo- CONAGUA (2013)

actuales aplicados a la infraestructura de la empresa eléctrica del país, la cual requiere que estos tengan un mayor alcance y que contengan las 5^E de calidad.

La reestructuración de la empresa energética de México requiere ser más competitiva y con máximos estándares de calidad y servicio, se debe adaptar a las exigencias del mercado de acuerdo a la figura 1-12.



Figura 1-12. Reestructuración de CFE
Fuente: CFE

La visión de la empresa también fue replanteada para adaptarse a los cambios de la reestructura. Las ilustraciones 1-13 y 1-14 muestran el plan de transformación y la visión estratégica.

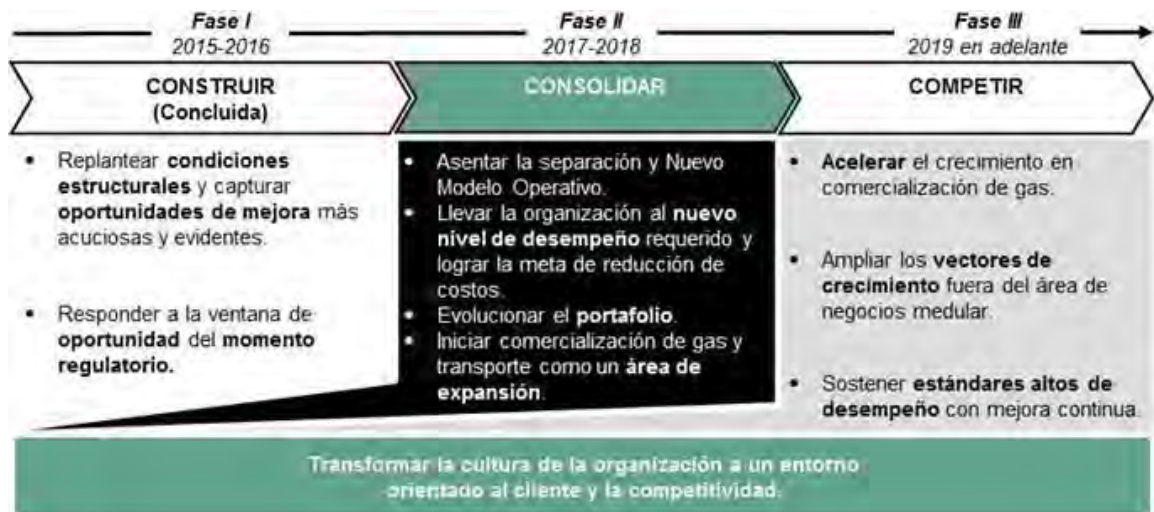


Figura 1-13. Plan de transformación de CFE
Fuente: CFE

² Las 5^E se refiere a eficaz, eficiencia, efectividad, ética y estética.



Figura 1-14. Visión estratégica de CFE
Fuente: CFE

De acuerdo a la visión, se plantearon para este año, las principales actividades para cumplir con las etapas del proyecto de transformación, de acuerdo a la figura 1-15.

- 1 Consolidar el Nuevo Modelo Operativo y la gestión del desempeño con base en el Plan de Negocios, así como desarrollar una cultura empresarial productiva y la instalación de un proceso de gestión del talento efectivo.
- 2 Lograr las metas de productividad y control de costos definidas, con énfasis en las metas del 2018.
- 3 Priorizar y ejecutar inversiones dentro del techo definido y siguiendo los lineamientos aprobados por el Consejo de Administración para asegurar el fortalecimiento del Balance Financiero.
- 4 Gestionar proactivamente la agenda regulatoria de acuerdo con las prioridades definidas.
- 5 Definir y comenzar la implementación del plan de tecnología y habilitación digital de la transformación.
- 6 Instalar y gestionar la función de riesgos corporativos que identifique y gestione proactivamente el perfil de riesgos, principalmente financieros y de mercado, de la CFE, las EPS y EF.
- 7 Maximizar el valor de la red de gasoductos asegurando el cumplimiento de los tiempos de inicio y rentabilización de la inversión.

Figura 1-15. Principales actividades para el 2018
Fuente: CFE

Actualmente se pueden diseñar proyectos para la modernización o la ampliación de nueva infraestructura, en las plantas generadoras del sistema eléctrico con las que cuenta la CFE en todo el territorio mexicano, de acuerdo a la figura 1-16.



Figura 1-16. Red eléctrica de CFE
Fuente: CFE

Dicha red eléctrica contempla varias formas de generar energía que van desde plantas hidroeléctricas, geotérmicas, termoeléctricas, de ciclo combinado, nucleoelectrica, solares y eólicas. Los proyectos de instrumentación orientada a la seguridad deben abarcar todos los tipos de estructuras que se ocupan para la generación de energía e inclusive las edificaciones que albergan la administración y el control. En la figura 1-17 se puede observar la distribución de las plantas generadoras.

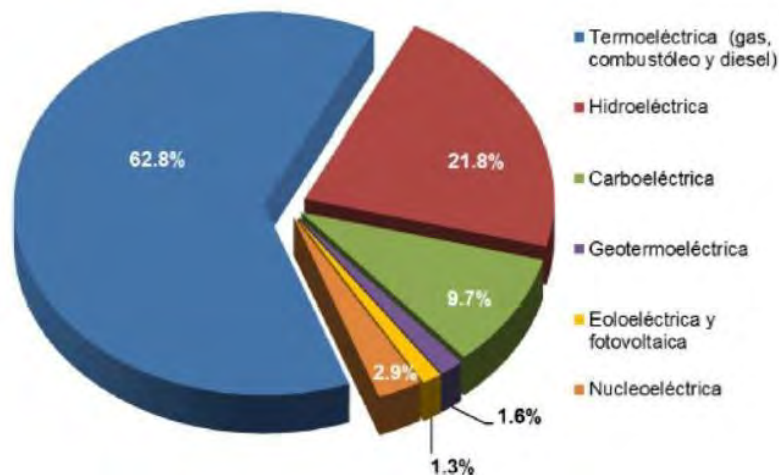


Figura 1-17. Distribución de plantas generadoras de energía de CFE
Fuente: CFE

Desde el 2015 se ha presentado un incremento en el número de proyectos y de inversión, siendo cada vez mayor la importancia de proyectos de instrumentación en infraestructuras. La figura 1-18 muestra la comparativa de proyectos del 2015 y del 2016.

Indicador / Programa / Resultado	MW añadidos		Variación (%)
	2015	2016	2015 a 2016
1) Cantidad de proyectos	2	4	100
2) Mega Watts (MW)	155.9	469.1	200
3) Inversión (millones de dólares)	226.4	668.5	195

Figura 1-18. Proyectos concluidos en CFE durante 2015 y 2016
Fuente: CFE

De acuerdo a las necesidades de los proyectos de instrumentación que se han diseñado e implementado en los últimos 15 años, se realizó un análisis morfológico³ con los atributos que pueden requerirse dependiendo del tipo de proyecto que lo necesite, partiendo de un estudio geotécnico, estructural o de investigación. Los proyectos de instrumentación son aplicables para cualquier estado de la infraestructura, teniendo mayor interés en que sea automatizada en sus diversos tipos de transmisión. Ya sea que el proyecto requiera ser implementado o solo diseñado, el entregable debe ser un documento estructurado donde se aborden las características y especificaciones de los instrumentos y actividades planteadas. La figura 1-19 corresponde a un análisis morfológico que muestra los caminos que han seguido diversos proyectos, de acuerdo a las características que han requerido.

		Atributos							
		Proyecto	Disciplinas	Tipo de Cliente	Tipo de infraestructura	Instrumentación	Transmisión de datos	Alcance	Entregable
Variaciones	Geotécnico	Instalaciones	Externo	Nueva	Automática	Fibra óptica	Diseño	Informe impreso	
	Estructural	Evaluación	Interno	Operando	Manual	Ethernet	Implementación	Informe digital	
	Investigación	Electromecánica	Ambos	Ambas	Semi automática	Radio	Supervisión	Presentación	
	X	Electrónica	X	X	X	Satélite	Diseño e implementación	Todas las anteriores	
	X	X	X	X	X	X	Diseño y supervisión	X	

Figura 1-19. Análisis morfológico de proyectos de CFE
Fuente: Elaboración propia

La parte medular de un proyecto de instrumentación son los sensores que se utilizarán, los cuales deben ser seleccionados de acuerdo a la medida física que deseen censar, a los rangos de operación; se deben considerar las inspecciones visuales a través de recorridos a pie, con helicópteros, cámaras e incluso drones. Con los datos recopilados se transmiten a través de los medios de comunicación

³ Análisis Morfológico: Es una técnica utilizada para apoyar la identificación de soluciones. La técnica invita a mirar de manera diferente el sistema analizado. Consiste en descomponer o desagregar un sistema en sus partes, funciones o procesos hasta el nivel de detalle que se requiera, y contrastarlo, en un arreglo matricial con otras funciones o procesos según convenga (Sánchez, 2003).



como radio enlaces, fibra óptica, celular, etc. a un área de análisis y evaluación, esta se encargará de revisar cada instrumento y compararlo con los parámetros de diseño o de seguimiento de un caso (como puede ser una grieta detectada y monitorear su evolución), almacenando los registros procesados en una base de datos para elaborar un informe de comportamiento estático, dinámico y/o estructural.

Este informe es importante para los dueños o administradores de la estructuras, ya que así demuestran que sus instalaciones cuentan con la seguridad necesaria para desarrollar actividades confiables sin poner en riesgo el capital humano ni el físico; asimismo, muestran que también pueden soportar sucesos inesperados de la naturaleza o la detección oportuna de alguna anomalía e inclusive hasta propuestas de solución como pueden ser refuerzos, inyecciones, barrenos dren, anclajes, mallas de concreto lanzado, túneles, ajustes mecánicos, etc. Otra aplicación de los informes de comportamiento de seguridad estructural es para mantener las tarifas de las aseguradoras dentro de los parámetros de presupuesto, ya que, de no presentar riesgos, el costo del seguro disminuye.

La mayor generación de conocimiento para el diseño de proyectos se obtenía en la etapa de construcción, cuando los ingenieros y técnicos se capacitaban y especializaban en ciertas áreas de acuerdo a su perfil en campo. El conocimiento no se plasmaba en documentos que explicaran paso a paso los problemas presentados o cómo fueron solucionados. La información era transmitida de persona a persona y dependía del carácter o disposición del capacitador.

De acuerdo al proceso de diseño de proyectos, se reúne un grupo multidisciplinario de expertos para dialogar sobre la problemática, los alcances y retos de cada proyecto. Estos expertos se han ido renovando (por cuestiones de jubilaciones), pero el conocimiento no ha sido transmitido al cien por ciento entre un experto y otro, por lo que existe una brecha de conocimiento.

1.5 Conclusiones

La Seguridad de Estructuras tiene como principal función salvaguardar la condición humana, mediante la observación y análisis del comportamiento estructural. Este comportamiento debe estar basado en parámetros de diseño o normas establecidas.

El uso de la instrumentación se aplica para obtener información del estado físico de una estructura. A través del monitoreo se refleja la problemática y da paso a su diagnóstico y solución.

Existen varias opciones comerciales para la instrumentación de estructuras, las principales marcas son Slope Indicator, RTS, Geokon, Sysgeo, etc. Los principales sensores son: piezómetros, extensómetros, celdas de presión, inclinómetros, acelerógrafos y monitoreo GPS.

La CFE se encuentra en una transición, de ser un organismo público a ser una empresa que produce rendimiento al estado, a través de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica. Su infraestructura requiere ser monitoreada para verificar que los parámetros de diseño permanezcan dentro de los límites permitidos, o de lo contrario tomar medidas preventivas y en su caso correctivas. De acuerdo a la variedad y cantidad de infraestructuras, los proyectos de instrumentación tomarán relevancia.

Según el análisis morfológico realizado con información del diseño de proyectos en los últimos 15 años, ya sea que el estudio fuera geotécnico, estructural o de investigación y que la infraestructura ya estuviera construida o en fase de diseño, se requiere instrumentación automática o manual que pudiera ser transmitida para que la información sea procesada de una manera oportuna. El entregable de los proyectos es el resultado del trabajo de un grupo interdisciplinario y debe ser un documento, ya sea físico o digital, que reúna las características técnicas y de recursos humanos necesarias para poder implementar dicho proyecto.

Capítulo 2 . Problema de investigación

En el presente capítulo se establece la problemática de estudio, a través de un análisis de las condiciones del proceso del diseño de proyectos de instrumentación. Se delimita el problema y se establece un supuesto.

2.1 Formulación de la problemática

Los proyectos de instrumentación para la seguridad estructural son similares uno con otro, debido a que los parámetros de seguridad son similares para todas las estructuras, teniendo la diferencia en la selección de los sensores y el enfoque que se quiere dar. Desde 1994, con el diseño de la Auscultación de la Central Hidroeléctrica Solidaridad “Aguamilpa”, se utiliza el mismo patrón de diseño, ubicación de la instrumentación y de proveedores, como se muestra en la figura 2-1. Es necesario realizar mejoras a este modelo para aumentar la rentabilidad de cada proyecto y ser más eficientes.

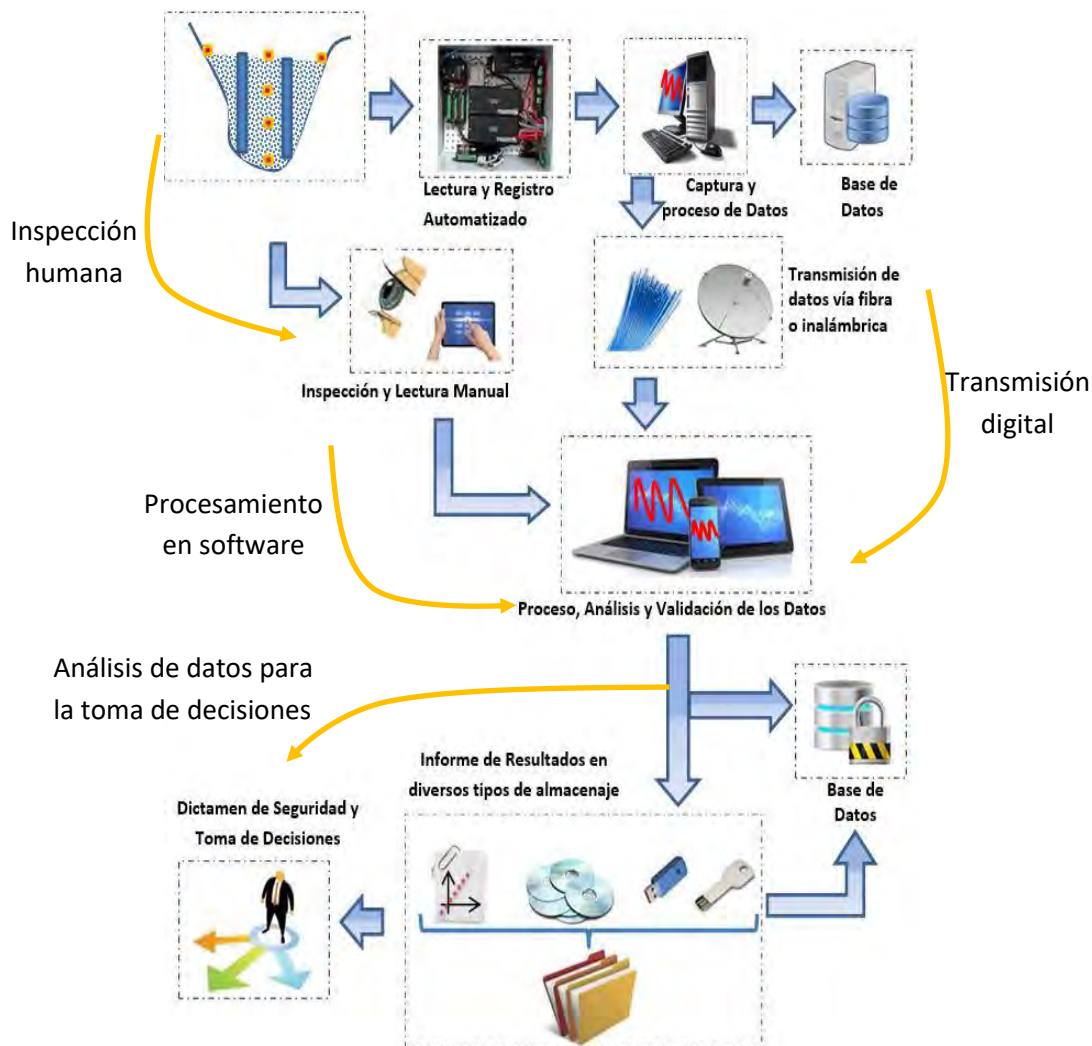


Figura 2-1. Esquema de instrumentación
Fuente: CFE

La realización de un proyecto de instrumentación se basa en un proceso, cada etapa aporta el desarrollo correspondiente a su especialidad, ya que al final se concentrarán todas las aportaciones, obteniendo un documento entregable; en la figura 2-2 se muestra el diagrama del proceso:



Figura 2-2. Proceso de proyecto de instrumentación en CFE
Fuente: Elaboración propia

Las etapas que requieren mayor tiempo de realización, debido a que en ellas se genera el diseño, son de la 3 a la 5. En ellas es donde se concentran el personal especializado, que está enfocado a entregar su parte del trabajo de acuerdo a su disciplina y al equipo al que pertenecen. Los objetivos se muestran en el diagrama de árbol de objetivos de la figura 2-3.



Figura 2-3. Árbol de objetivos del diseño de proyectos
Fuente: Elaboración propia

A través de los años se ha estado utilizando este modelo de proceso, el cual cumple con el propósito de satisfacer la necesidad del cliente. Sin embargo, cada proyecto ha generado una mejora que no ha sido ni documentada, ni incorporada al proceso, por lo que existe oportunidad de una mejora continua. De acuerdo a la etapa que atraviesa la CFE, se requiere contar con una mayor competitividad en donde se aprovechen mejor los recursos de la empresa.

Para generar una visión preliminar de las anomalías que se presentan en el proceso del diseño de un proyecto, se desarrolló un diagrama causa-efecto⁴ que involucra las causas principales y algunos efectos que perjudican directamente a la disminución de la rentabilidad y marcan una visión negativa de la imagen de la CFE que puedan tener los clientes. En la figura 2-4 se muestra el diagrama en el cual resaltan factores que involucran al personal de todas las áreas, a la falta de una organización que dé sinergia para la distribución del conocimiento y que una a los trabajadores, unificando el objetivo principal y manteniéndolos motivados (realizar un proyecto en la mejor calidad en el menor tiempo y costo).

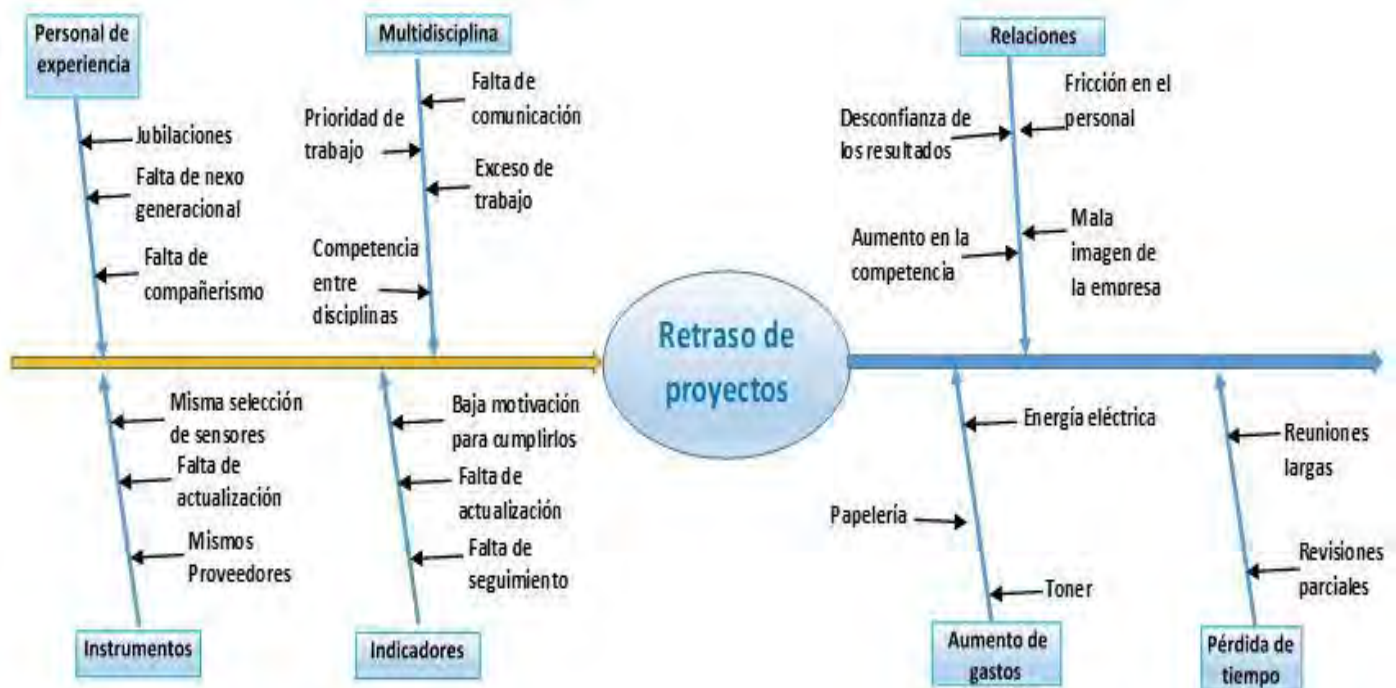


Figura 2-4. Diagrama causa-efecto del proceso de instrumentación
Fuente: Elaboración propia

Una vez entendido que hay áreas de oportunidad que pueden ser atendidas y con esto mejorar el proceso, el siguiente paso es identificar los problemas detectados en todas las etapas del proyecto. Para esto se aplicó una técnica heurística que, mediante el consenso de un grupo interdisciplinario, identificará y agrupará los problemas detectados y generará una visión de la problemática. La técnica

⁴ Causa-Efecto: También conocido como esqueleto de pescado, es una técnica sencilla y flexible para la identificación y análisis de las causas y efectos de un problema. Se puede considerar una extensión de un proceso de caja negra. Consiste en colocar el problema a analizar en un rectángulo, del lado izquierdo las principales causas (entradas) y del lado derecho los principales efectos (salidas) (Sánchez, 2003).

seleccionada corresponde a la Técnica de Grupo Nominal (TGN)⁵. Se escogieron a cinco integrantes que participan constantemente en el proceso de los proyectos y que forman parte de las diversas áreas, tanto técnicas como administrativas, que participan en ellos. Mediante lluvia de ideas se generaron 15 pensamientos sobre problemas que se presentan en todas las etapas del diseño de proyectos. Cada participante, de forma libre, generó tres ideas. Al término se informaron y registraron en forma grupal todos los problemas. Como segunda fase, cada participante emitió su opinión para agrupar las ideas, de acuerdo a la semejanza entre los temas y así reducir los conjuntos a ocho grupos de temas. Para visualizar la afinidad de ideas se designó un color diferente para cada conjunto. En la tabla 2-1 se muestran las ideas originales y en la tabla 2-2 se aprecia la nueva agrupación.

Ideas generadas	
1	El modelo de proyecto patrón esta descontinuado.
2	Transmisión de conocimiento de manera parcial por parte de las personas con experiencia
3	Falta de información del anteproyecto.
4	Base de datos incompleta de los principales instrumentos y sus proveedores.
5	Sinergia incompleta entre departamentos.
6	Tiempos muertos entre cada fase.
7	Carencia de indicadores de productividad y avance.
8	Reuniones tediosas y largas.
9	Falta de compromiso en la entrega de avances.
10	Falta de conocimientos por parte de los líderes de proyecto.
11	Apoyo limitado para proponer ideas innovadoras.
12	Favoritismo para ciertos proveedores.
13	Falta de apertura para la utilización de nuevas tecnologías.
14	Revisiones exhaustivas y reiterativas.
15	Autoritarismo.

Ideas agrupadas por tema		Número de ideas
1	Dicrepancia de ideas para cada proyecto	1
2	Transmisión de conocimiento de manera parcial por parte de las personas con experiencia	1
3	Falta de información del anteproyecto.	1
4	Base de datos incompleta de los principales instrumentos y sus proveedores.	1
5	Perdida de tiempo en reuniones largas	3
6	Carencia de indicadores de productividad y avance.	1
7	Sinergia incompleta entre departamentos.	6
8	Falta de compromiso en la entrega de avances.	1
Total		15

Tablas 2-1 y 2-2. Selección y primera agrupación de ideas de la técnica TGN
Fuente: Elaboración propia

Como tercera fase, de nueva cuenta con el consenso de los participantes, se reagruparon las ideas en cinco problemas, siendo esto la máxima reducción de temas afines. Por último, se realizó una votación que jerarquizará los problemas y así conocer el grado de importancia que tienen estos para los integrantes que participaron en la técnica. Los resultados de la última reagrupación y su orden de importancia se muestran en la figura 2-5.

⁵ TGN: Técnica participativa que consiste en formular problemas o en identificar soluciones de manera grupal, respecto a una situación o pregunta específica, para realizar posteriormente el análisis de las mismas y buscar el acuerdo respecto a las acciones o resultados derivados de la reunión (Sánchez, 2003).



Figura 2-5. Problemas detectados
Fuente: Elaboración propia

Estos problemas no competen a una sola disciplina, sino deben ser tratados como un todo desde una visión holística y sistemática, para identificar el aporte de cada elemento hacia el sistema, diagnosticando cada etapa y sus posibles mejoras.

De acuerdo a lo anterior, la problemática se puede definir como:

Existen diversos obstáculos con carácter multidisciplinario que generan que el desarrollo de proyectos requiera mayores tiempos en cada etapa, lo que se reflejan en un costo mayor.

2.2 Delimitación del problema

El problema solo se abordará de acuerdo a los proyectos de instrumentación referentes al campo de conocimiento de la geotecnia y orientados a la Seguridad en cualquier tipo de estructura. Serán para proyectos donde la ingeniería de diseño sea aplicada tanto para infraestructura por construir como para la que ya está instalada, partiendo del punto de la Seguridad.

Se enfatizará a los sistemas suaves de la organización que conforman el proceso de diseño, desde la recepción de la información hasta el informe entregable, teniendo como punto central el compromiso de cada área por mejorar los puntos de oportunidad, en pos de un mejor servicio al cliente y reduciendo costos en el proceso. En la figura 2-6 se muestran los problemas que se abordarán en la organización.

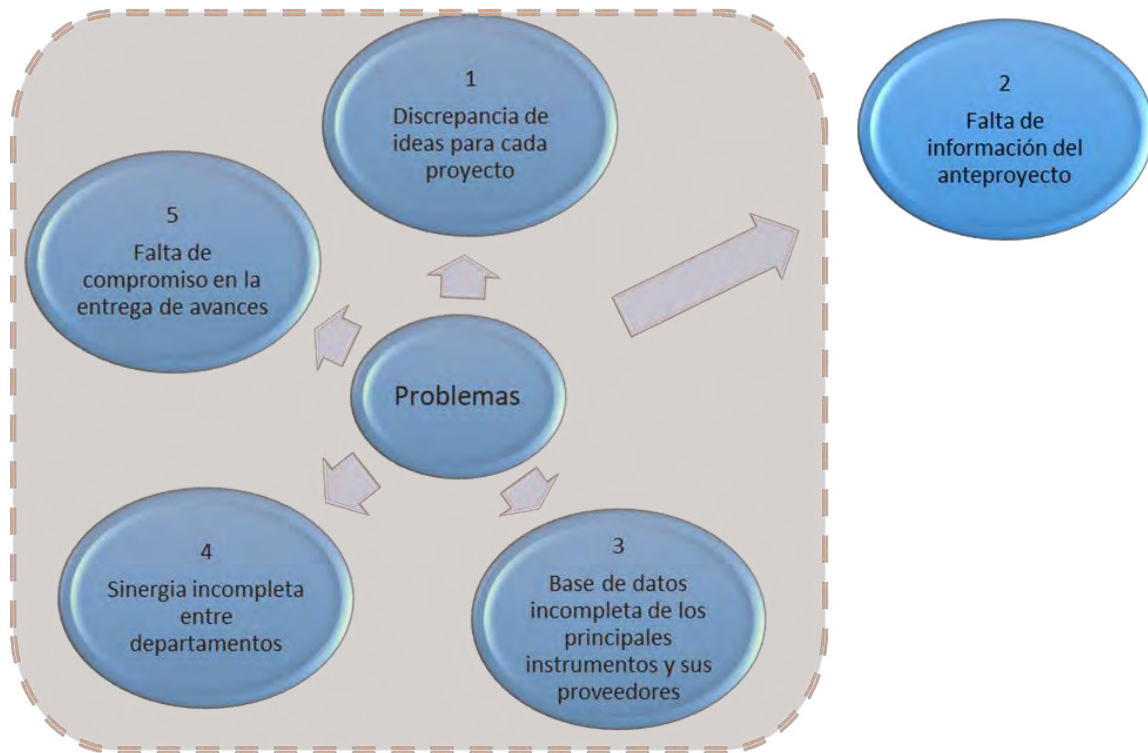


Figura 2-6. Problemas delimitados
Fuente: Elaboración propia

2.3 Supuesto

El supuesto pretende reducir los gastos que un proyecto de diseño de instrumentación a la fecha genera, y está establecido de acuerdo a la experiencia de los desarrolladores de proyectos de más de 12 años, con estudios de casos superiores a los 20 proyectos. Se compone principalmente de personal con influencia en su opinión o que tiene facultades en la toma de decisiones.

Con una estrategia orientada a optimizar los recursos, tanto económicos como humanos, que se requieren para el diseño de proyectos de instrumentación, se podrá disminuir el costo total y el tiempo del entregable, a través de la identificación de los puntos clave e indicadores de seguimiento. Estas premisas van de acuerdo a la nueva reestructuración de la empresa energética en miras de ser más competitiva en aplicación de los estándares de las 5'E.

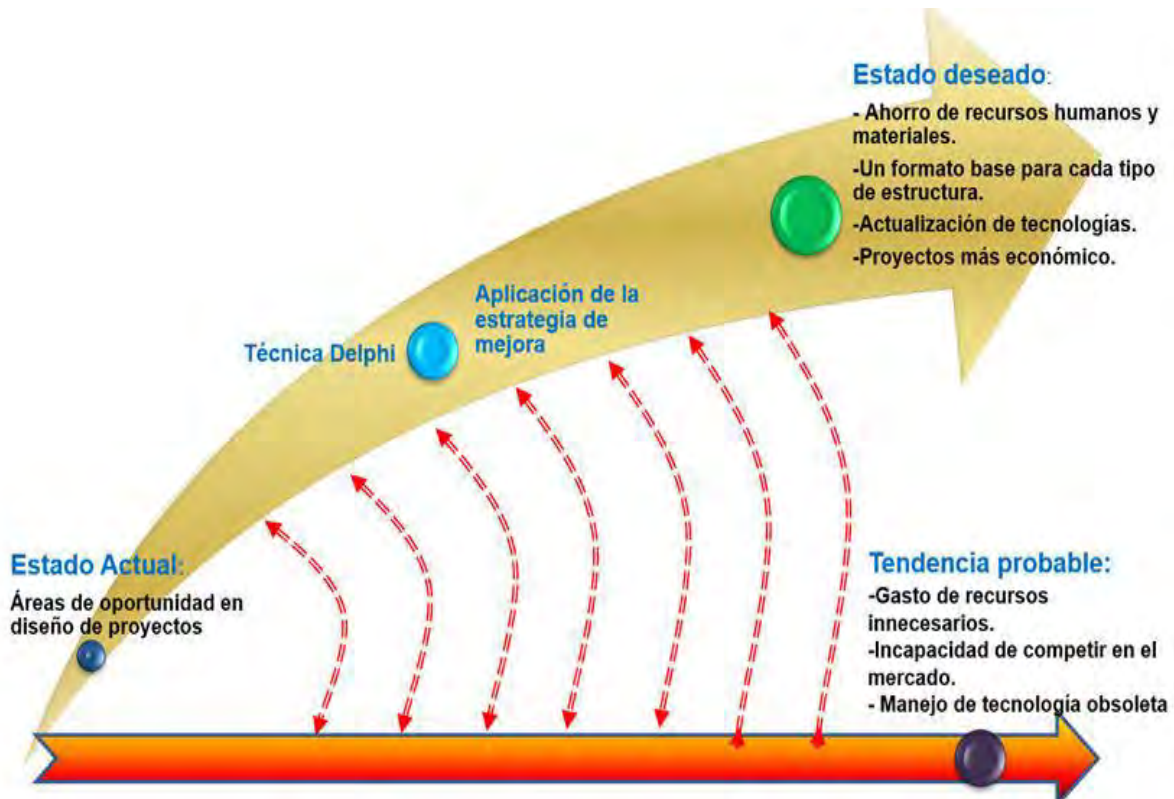


Figura 2-7. Estado ideal del supuesto
Fuente: Elaboración propia

2.4 Otras posibles soluciones

Para la realización de proyectos de instrumentación existen varias empresas de carácter particular que ofrecen la ingeniería de diseño y supervisión de las obras. Estas empresas pueden realizar los trabajos desde la etapa de consultoría para el diseño, con la petición del cliente, y a través de la subcontratación (outsourcing) pueden generar el proceso de diseño. Algunas empresas pueden ser Melard, Entorno Seguro, Enlace Técnico, Ampere, Disime, Coconal, Advitam, Cimesa, Arma, etc. Sin embargo, la etapa que desarrollen las empresas quedaría acotada a su experiencia y alcances técnicos y materiales que no necesariamente sean los mismos que para la CFE o el cliente; otro aspecto en contra es la copia sin autorización de los derechos intelectuales para cada proyecto, es decir, al subcontratar a una empresa se le tiene que aleccionar sobre temas muy específicos para que los trabajos cumplan con la calidad requerida, para esto se entregan manuales de uso o diseños de proyectos que pueden hacer propios sin autorización.

Si bien, estas empresas pueden ser en principio competencia, también pueden ser solucionadoras en las áreas de oportunidad. Con la apertura de las reformas estructurales de la CFE, se podrán contratar servicios de otras empresas que puedan apoyar en cualquier etapa o trabajo. Con esto, se pueden otorgar concesiones de las partes del proceso de diseño de proyectos e inclusive, dar el diseño completo para evaluarlo y supervisarlos. Con esto se podría abarcar mayor campo de trabajo para la CFE. Sin embargo, los recursos humanos se concentrarían mayormente en las empresas subcontratadas, la experiencia se quedaría en el outsourcing, y no en el personal de la CFE.



Otra posible solución, es que dentro de la misma institución se genere un área de evaluación y seguimiento de proyectos encargada de vigilar la continua medición de cada proyecto, dentro de las fechas estipuladas, los estándares de calidad y la atención al cliente. Las observaciones generadas, impactarían en el esquema de promociones laborales para aumento de categorías o puestos. De no contar con un área de planeación, se podría contratar un servicio de consultoría y aplicación de un método. Sin embargo, para esta solución se requiere de inversión ya sea en la contratación de personal nuevo específicamente para realizar dichas actividades o para que cubran las actividades técnicas; o bien, para la contratación de consultoría externa. Para esto se tendría que realizar un análisis costo-beneficio.

2.5 Conclusiones

Existe una gran área de oportunidad para la generación de proyectos de instrumentación tanto en estructuras que se construirán, como en las que ya están operando y requieren modernizarse o cumplir con condiciones de seguridad. Las ventajas de contar con una instrumentación de monitoreo se verán reflejadas en la longevidad de la estructura y de su operación, aunado al carácter monetario que representan las primas por seguros.

Al contar con un dictamen o informe de comportamiento estructural, se podrá determinar el estado físico y operativo en el que se encuentra operando, si los parámetros con los que fue diseñada han variado con respecto al tiempo o si hay una anomalía. En su fase temprana es un monitoreo preventivo, orientado a detectar algún cambio inesperado en su condición física, pero puede ser también correctivo si ya hay un problema detectado y se requiere dar seguimiento a la evolución del problema o de la solución.

Con la realización de un diagrama causa-efecto se obtuvo un primer acercamiento hacia las causas que provocan que los proyectos tengan retrasos o generen mayores recursos para ser realizados, pero sobre todo los efectos negativos como:

- Mala imagen y desconfianza que se pueden reflejar en la opinión de los clientes.
- Uso ineficiente de recursos humanos y materiales que provoca que los costos de operación sean más elevados y se disminuya la utilidad.
- La falta de sinergia entre las áreas para la transmisión de conocimiento.

Para contar con un panorama de los problemas y de la problemática más general se utilizó la técnica participativa TGN, con el apoyo de 5 integrantes recurrentes que aportaron su opinión acerca de los problemas que tiene el proceso en todas sus fases. El resultado de la técnica son 5 problemas jerarquizados de acuerdo a su nivel de importancia:

- Discrepancias de ideas para cada proyecto.
- Falta de información del anteproyecto.
- Base de datos incompleta de los principales instrumentos y sus proveedores.
- Sinergia incompleta entre departamentos.
- Falta de compromiso en la entrega de avances.

Con esto se estableció la problemática:

Existen diversos obstáculos con carácter multidisciplinario que generan que el desarrollo de proyectos requiera mayores tiempos en cada etapa que se reflejan en un costo mayor.



La problemática detectada se encuentra en los sistemas suaves, donde son grupos multidisciplinarios que se reúnen para encontrar puntos de vista encausados a la solución de proyectos. Estos grupos son independientes y no cuentan con indicadores para el seguimiento de proyectos, el contacto que tienen con el cliente es directo, no a través de un representante que encamine los comentarios o la información.

Dentro de las posibles soluciones está la subcontratación de empresas que realicen el proyecto completo o por partes. Otra opción es contratar a una empresa que les dé seguimiento a todas las etapas del proyecto.



Capítulo 3 . Marco teórico

En el presente capítulo se establecen los conceptos necesarios para comprender y analizar el objeto de estudio desde la perspectiva de sistemas. La técnica requerida para la recolección de información de expertos, el planteamiento del diseño de proyectos como sistema y la definición de sistema cibernético.

3.1 Enfoque de sistemas

El enfoque sistémico constituye una de las más poderosas armas del proceso epistemológico, ya que permite conceptualizar y, en su caso, diseñar objetos de estudio como sistemas. En términos generales, la visualización del objeto de estudio como un sistema se hace a través del empleo, en forma complementaria, de dos procedimientos del método de construcción sistémica: por composición y por descomposición funcional.

El primero permite ver el objeto de estudio como un conjunto de elementos que, de una u otra forma, se encuentran relacionados entre sí y, más aún, organizados e interconectados de tal manera que, consecuentemente se llega a concebirlos como un todo integral con cierto papel o función en un entorno más amplio (Gelman,1981). El sistema se muestra en la figura 3-1.

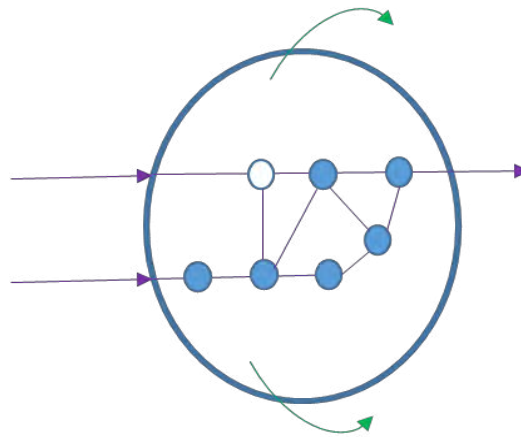


Figura 3-1. Composición de un sistema
Fuente: Gelman (1981)

Con el segundo procedimiento, se parte del sistema hacia sus componentes y se basa en la descomposición funcional del sistema en subsistemas, esto es, en la identificación de un conjunto de integrantes, en tal forma que la operación de cada uno de ellos y en su totalidad asegura el funcionamiento del sistema (Gelman,1981). El sistema se muestra en la figura 3-2.

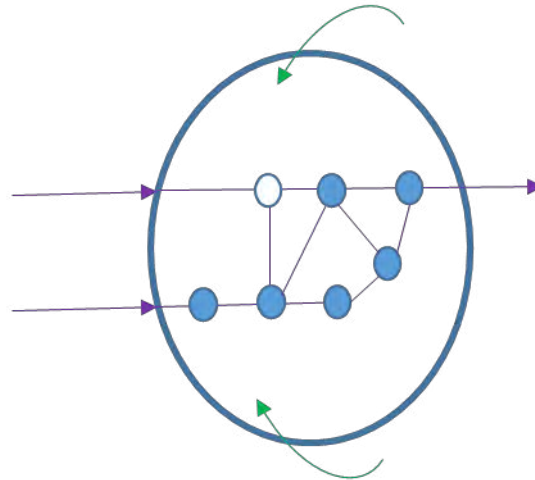


Figura 3-2. Descomposición de un sistema
Fuente: Gelman (1981)

3.2 Paradigma cibernético

El concepto lo estableció el matemático Norbert Wiener en su libro titulado *La cibernética, o el estudio del control y la comunicación en el animal y la máquina* de 1948. Este libro fue escrito en la época de la Segunda Guerra Mundial, y está enfocado en los resultados de los sistemas de control mecánicos como servomecanismos y focalización de artillería. Junto al desarrollo simultáneo de una teoría matemática de la comunicación por Claude Shannon, Wiener propuso el desarrollo de una teoría general en las relaciones de una organización y el control de los sistemas.

La cibernética se establece en sistemas con un propósito definido y la adopción de medidas para lograrla, es decir, conocer si se ha alcanzado el objetivo o si requiere ajustes. Este pensamiento es multidisciplinario y se ha desarrollado en enfoques relacionados a: teoría general de sistemas, teoría de la información, la teoría de catástrofes, algunas formas de construcción de modelos mediante simulación, y últimamente la teoría del caos. Se ha centrado tanto en los resultados de los procesos de transformación de entrada-salida que se pueden explicar por la organización de un sistema, como en la estructura. La evolución de la cibernética, se ha centrado principalmente en el análisis de los procesos, incluidas las interacciones y relaciones entre subsistemas, sistemas y suprasistemas. La distinción del enfoque cibernético es su énfasis en el control y la comunicación no solo en sistemas humanos o artificiales, sino también en sistemas naturales.

Durante la década de los 50's, los pensadores cibernéticos llegaron a vincularse coherentemente con la escuela de la Teoría General de Sistemas (TGS), fundada casi simultáneamente por Ludwig von Bertalanffy, como un intento de construir una ciencia unificada mediante el descubrimiento de los principios comunes que rigen a los sistemas abiertos y evolutivos a todo nivel, mientras que la cibernética se enfoca específicamente en los sistemas dirigidos a un objetivo y funcionales que tienen algún tipo de relación de control.

En la cibernética, se distinguen las de primer y segundo orden, también conocidas como cibernética clásica o de primera generación y cibernética moderna o de segunda generación. La cibernética de segundo orden se originó en reacción a lo que se consideraba como las deficiencias de la cibernética de primer orden.

Cibernética de primer orden

La cibernética de primer orden se originó en la década de 1940, su enfoque fue estudiar los sistemas de observación externa, centrándose en el estudio de los circuitos de retroalimentación sobre todo en la negativa en lugar de los positivos. Cuando una retroalimentación negativa se produce de forma natural o también de manera artificial, la salida del sistema se compara con un objetivo previamente establecido, para conocer qué tan distante está el proceso de lo requerido y tomar acciones para alinear las acciones hacia el objetivo.

Cibernética de segundo orden

El interés por las tecnologías computarizadas y el control, dirigió un nuevo enfoque dividido de ciencia computacional del control, pero sin perder la visión de autonomía, auto-organización, cognición y el rol del observador para modelar los sistemas. Precisamente este rol de observador es la característica principal del segundo orden, en el cual se reconoce que un sistema cuenta con características que lo hacen interactuar con el entorno social.

En la figura 3-3 se muestra los dos enfoques de la cibernética.

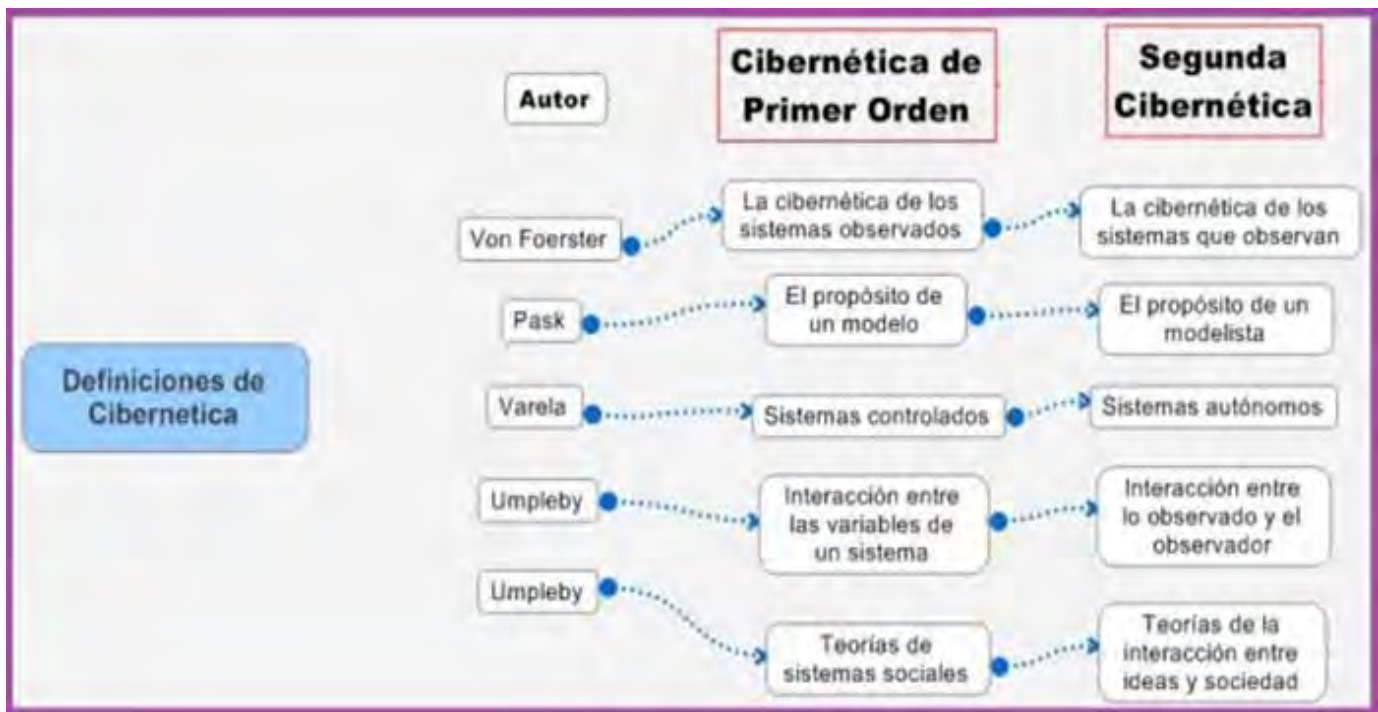


Figura 3-3. Enfoques de la cibernética

Fuente: https://cynverbd.wordpress.com/2011/05/03/inicios_cibernetica/

El paradigma cibernético distingue para cualquier sistema dos subsistemas principales: el de *gestión*, esto es, de *regulación* o de *control* (o, simplemente, el *gestor*); y el *conducido*, junto con sus relaciones fundamentales, que son de *información* y de *ejecución*, como se muestra en la figura 3-4. (Gelman, 1981).

El subsistema conducido (productivo) es el principal responsable de cumplir con el papel que tiene el sistema en el suprasistema, que consiste en proporcionar productos, bienes o servicios. Por su parte, el gestor, en términos generales, traza, realiza y controla la trayectoria de cambio del

conducido (que incluye el caso de no cambio), por medio de la previsión y ejecución de un conjunto de actividades que lo garanticen, a través del *proceso de gestión* (Gelman, 1981).

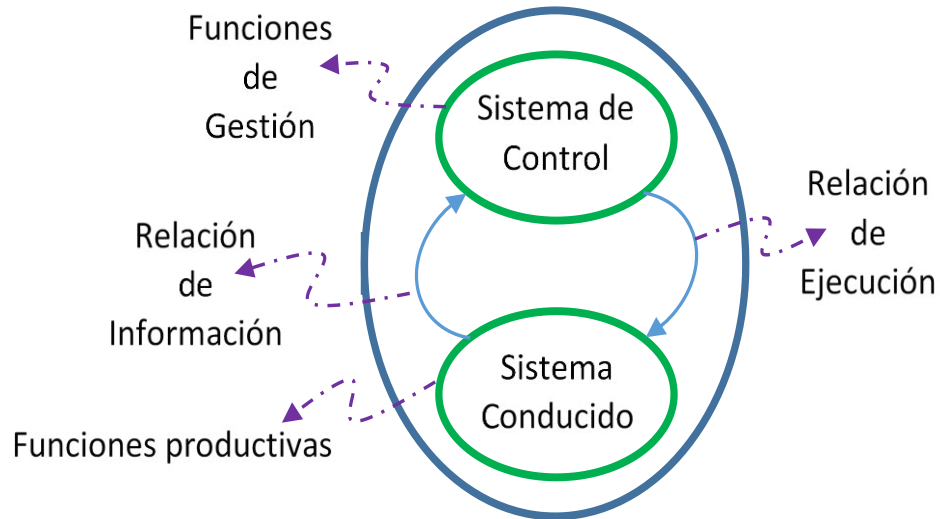


Figura 3-4. Sistema bajo paradigma cibernético
Fuente: Gelman (1981)

3.3 Proyecto de instrumentación como un sistema

Un proyecto de instrumentación puede ser visualizado y analizado desde el enfoque de sistemas, partiendo de la definición de sistema: *es un grupo de partes y objetos que interactúan y que forman un todo o que se encuentran bajo la influencia de fuerzas en alguna relación definida* (Johansen, 2009). Para entender cómo aplicar este concepto, en el proceso de un proyecto, se utilizó un mapa conceptual⁶, el cual se muestra en la figura 3-5, que proporciona un panorama general de los elementos en los que está constituido, hacia quién va dirigido y el resultado obtenido.

Del mapa conceptual podemos aplicar el concepto de sistema como un conjunto de personas que interactúan entre sí y con elementos físicos-mecánicos, cuyas sus acciones están orientadas a cumplir con el objetivo de generar información oportuna para la toma de decisiones, a través de datos de la instrumentación de la estructura a estudiar.

Aplicando un enfoque cibernético, se puede analizar al proceso del diseño de un proyecto mediante la descomposición de sus funciones como un sistema conducente (el jefe de proyecto) y un sistema conducido (jefes de disciplina). En la figura 3-6 se muestra el análisis por descomposición.

⁶ Mapa Conceptual: Es una imagen esquemática que representa las relaciones conceptuales (estructura cognoscitiva y relaciones dinámicas) significativas de un objeto. Viene siendo como una radiografía del contenido mental que un individuo tiene respecto a un objeto (Sánchez, 2003).

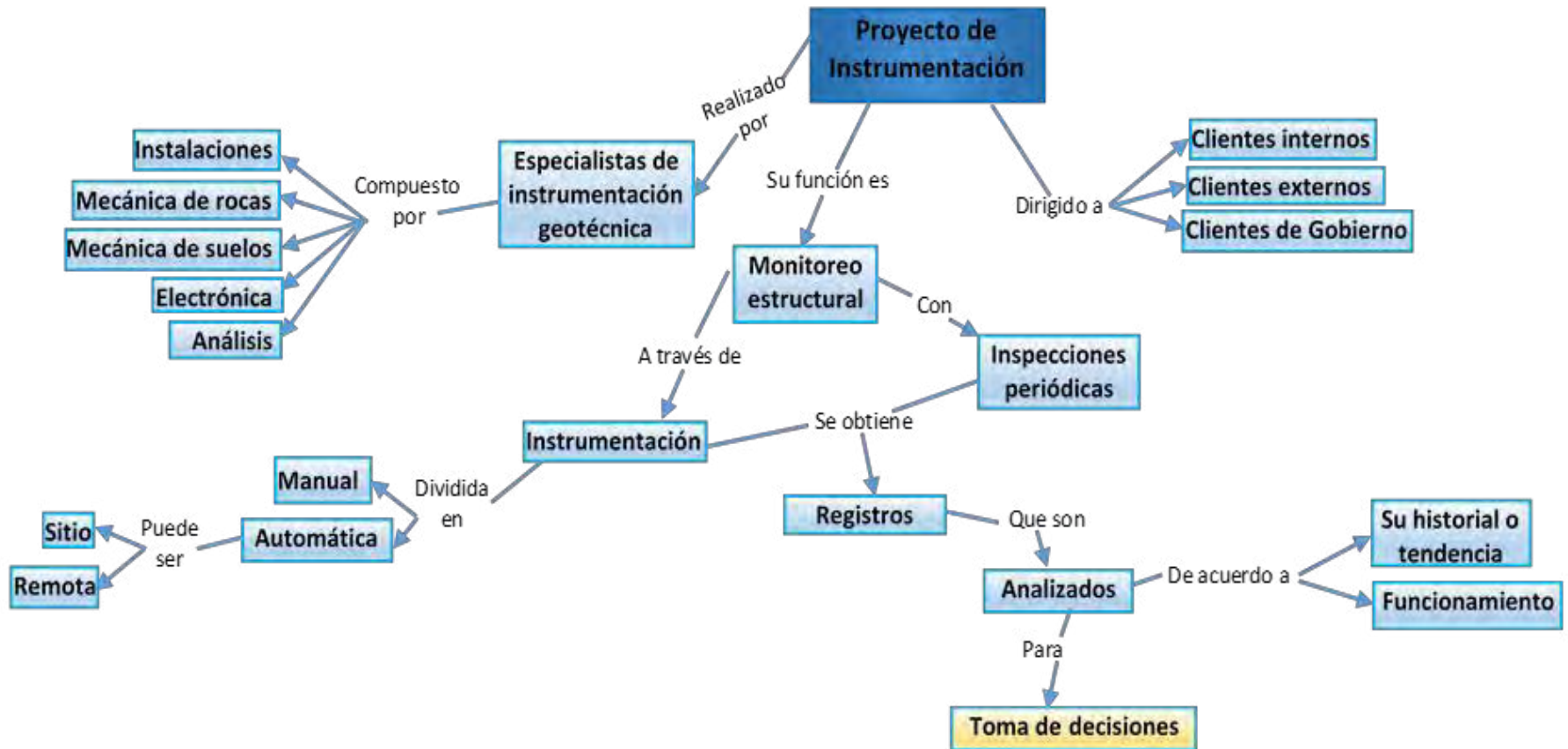


Figura 3-5. Mapa conceptual del diseño de proyectos
Fuente: Elaboración propia

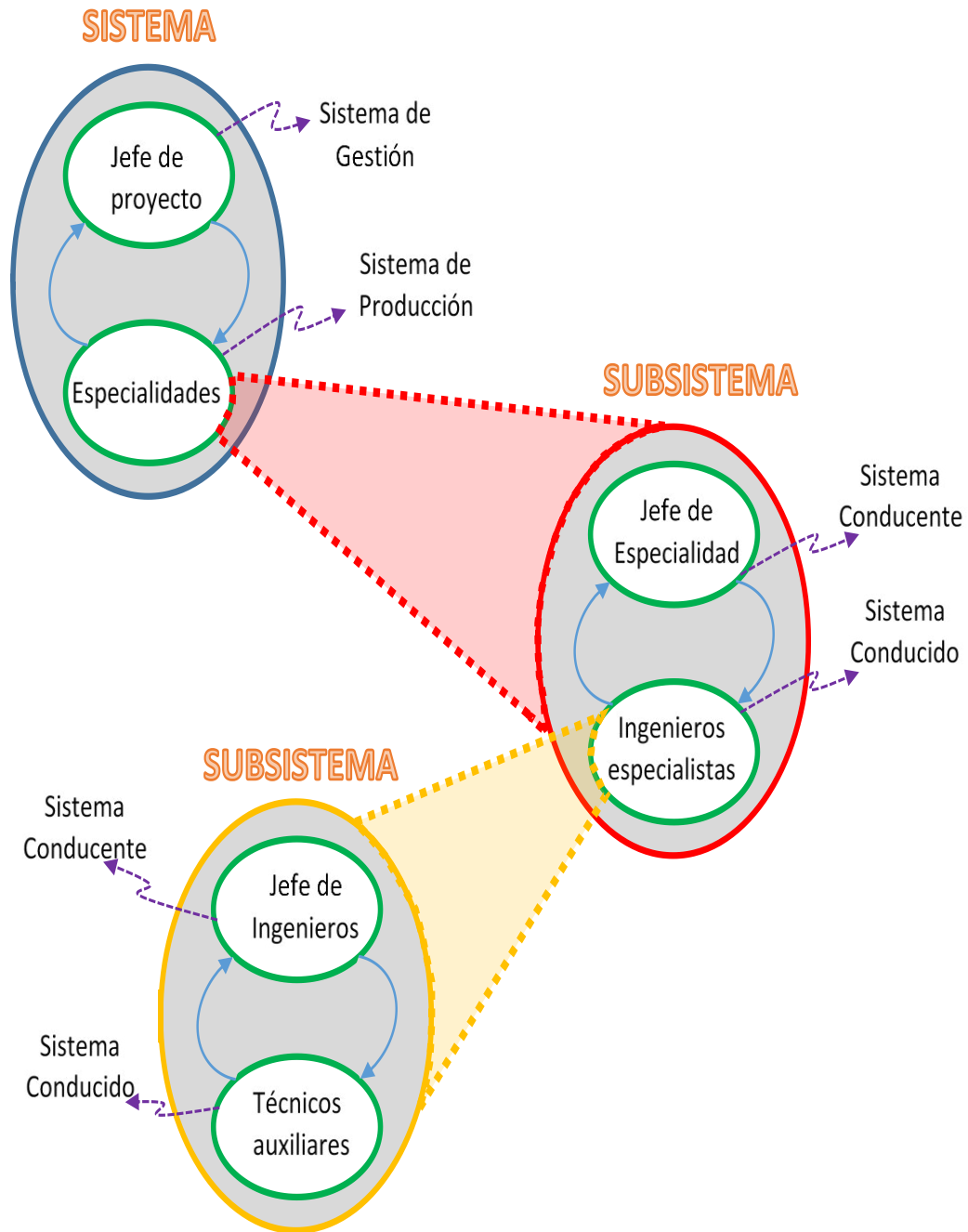


Figura 3-6. Descomposición del sistema de proyectos
Fuente: Elaboración propia basado en Gelman (1996)

La descomposición del sistema se puede trasladar al proceso general del diseño de proyectos de instrumentación y ubicar dónde es que encaja el sistema y cada subsistema. Esta correlación se muestra en la figura 3-7. Al ser un sistema dinámico, la mayor cantidad de actividades se desarrolla desde la designación de los integrantes hasta la recopilación de material de todas las disciplinas.

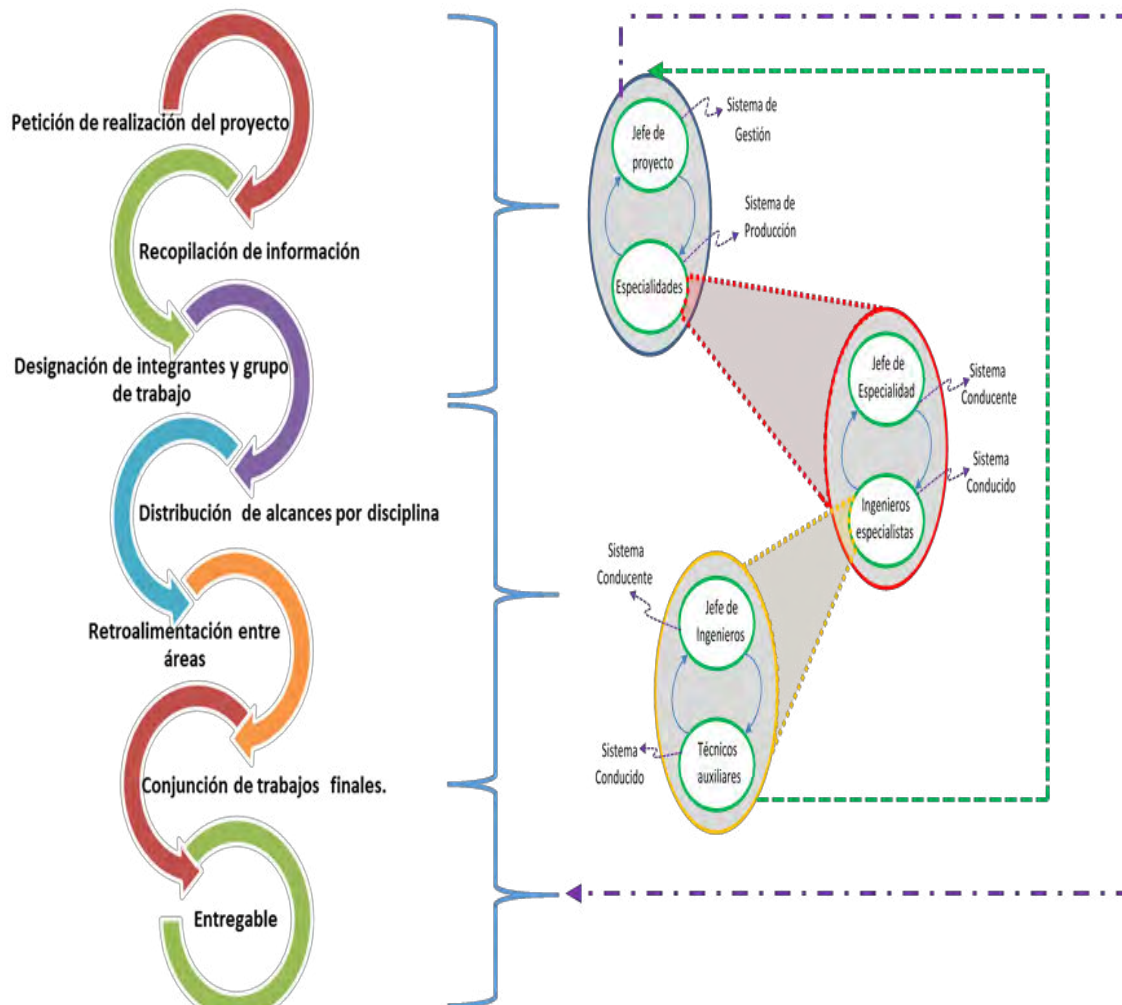


Figura 3-7. Proceso del proyecto y su descomposición funcional
Fuente: Elaboración propia

El diseño de proyectos parte de la planeación, organización, control de recursos humanos y materiales, así como de las interrelaciones sociales con el propósito de realizar los objetivos estipulados. El primer desafío para la gestión de proyectos es alcanzar la meta del proyecto, y los objetivos dentro de las limitantes conocidas. Las limitantes o restricciones primarias son el alcance, el tiempo, la calidad y el presupuesto. El desafío secundario, y el más ambicioso de todos, es optimizar la asignación de recursos de las entradas necesarias e integrarlas para alcanzar los objetivos predefinidos. Existen muchas más limitantes que dependen de la naturaleza del proyecto, de seguridad, relacionadas con el medio ambiente, relacionadas con la oportunidad de negocio y otras más de tipo estratégico de compañía.⁷

El éxito de un proyecto se puede medir con la realización de los objetivos de alcance, plazos, costo y calidad mediante una gestión integrada.

⁷ <http://gestiondeproyectos-master.com/el-triangulo-de-hierro-en-gestion-de-proyectos/>



La coordinación de un proyecto requiere la administración del tiempo de equipos, proveedores, personas, tareas y dinero. Para realizar estas tareas, un proyecto se puede dividir en las siguientes fases:

- Fase de creación y planificación del proyecto.
- Fase de seguimiento y control del proyecto.
- Fase de comunicación del proyecto.

Las fases de planificación y control tienen lugar en etapas distintas de la vida del proyecto, mientras que la comunicación tiene lugar durante toda la vida del proyecto.

Procesos en la planificación del proyecto:

- Especificaciones del proyecto.
- Definición del calendario del proyecto.
- Definición del esquema del proyecto.
- Determinación de las características de cada actividad.
- Localización de hitos o puntos claves de control.
- Búsqueda de dependencias entre actividades.
- Determinación de los recursos que participarán en el proyecto.
- Revisión y análisis crítico del proyecto.

Una correcta y detallada definición del proyecto es imprescindible para una acertada planificación. Si existen imprecisiones en la definición del proyecto, estas se reflejarán en la planificación, que dejará de tener utilidad como herramienta para una adecuada gestión del proyecto (www.cdi.gob.mx).

3.4 Técnica Delphi

La palabra Delphi se deriva del griego Delphos, una ciudad de la antigüedad que los griegos consideraban el ombligo de la tierra. En esta ciudad se encontraba el templo del dios Apolo cerca del monte Parnaso; en su interior se localizaba el oráculo y la sacerdotisa Pitia (pitonisa), la cual podía responder, a nombre de los dioses, las preguntas relacionadas con el futuro, principalmente asuntos referentes a las guerras.

“El nombre de método Delphi, lo propuso el filósofo Abraham Kaplan, quien formaba parte del centro de investigación norteamericano The Rand Corporation en la década de los cuarentas, y aunque parecía poco afortunado por ligarse a lo oculto, el autor logró demostrar, de forma experimental, la superioridad de resultados de un consenso producto del trabajo de grupo sobre el esfuerzo individual de expertos. En ese momento imperaba la metodología positivista, en el quehacer científico y los investigadores de la Rand Corporation buscaban una alternativa para dar respuesta a las demandas, que se les hacían desde el campo de las disciplinas sociales” (Valera, Díaz y García; 2011).

Olaf Helmer y Theodore J. Gordon, en los años 50's laboraban para la empresa RAND⁸ y desarrollaron el “Proyecto Delphi” para la fuerza área de USA. El objetivo del proyecto era obtener el

⁸ Research ANd Development



mayor consenso posible de un grupo de expertos militares, mediante una serie de intensos cuestionarios con una opinión de retroalimentación controlada. El consenso se requería para llegar a un punto de vista, para la planeación de la estrategia soviética de un sistema industrial óptimo y estimar la cantidad de bombas requeridas para reducir municiones fabricadas⁹. Debido a que fue desarrollado para la milicia, la información de este proyecto fue liberada hasta la década de los 60's.

Fue hasta 1975 que Linstone y Turoff desarrollan *The Delphi Method. Techniques and Applications* creando un mayor panorama para la aplicación del método.

Descripción de la técnica

La técnica Delphi es prospectiva y subjetiva; busca esclarecer una visión de acuerdo a un objeto de estudio. Su predecesor es el método ocupado por el Vaticano, el cual, a través de Cardenales, realiza un consenso de toma de decisiones.

La técnica Delphi es una metodología estructurada para recolectar sistemáticamente juicios de expertos sobre un problema, procesar la información, y a través de recursos estadísticos, construir un acuerdo general de grupo. Permite la transformación durante la investigación de las apreciaciones individuales de los expertos en un juicio colectivo superior (García y Valdés, 2013).

Linstone y Turoff (1975), por su parte, piensan que el Método Delphi puede ser caracterizado para estructurar el proceso de comunicación grupal, de modo que esta sea efectiva para permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar con problemas complejos. Es una visión holística.

Condiciones de aplicación

- No existen datos históricos con los que trabajar.
- No se puede aplicar de manera directa técnicas analíticas precisas.
- Cuando existe participación de distintas áreas de conocimiento.

Características de la técnica

- **Anónimo.** - Los expertos no tienen relación entre ellos. Inclusive los cuestionarios pueden ser enviados por correo.
- **Iteración.** - La participación de los expertos, a través de sus respuestas, es constante y en más de una ocasión.
- **Retroalimentación controlada.** - El resultado de cada ronda de respuestas es notificado a cada experto, teniendo una visión orientada en el próximo cuestionario.
- **Respuesta del grupo en forma estadística.** - La información obtenida por los expertos es una distribución que indica el grado de acuerdo o desacuerdo.

El método consta de cuatro etapas secuenciales, como se muestra en la figura 3-8.

⁹ En los años 50's se vivía una competencia armamentista entre USA y URSS, Guerra Fría.

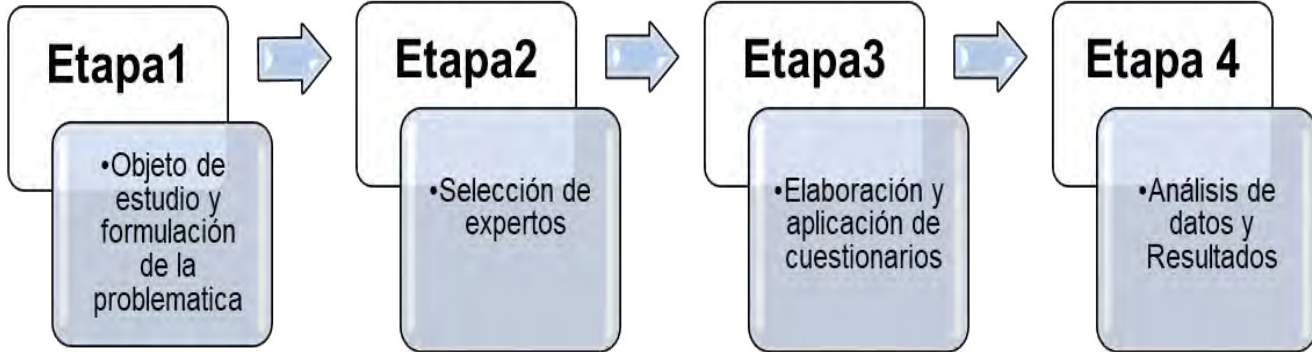


Figura 3-8. Etapas de la técnica Delphi
Fuente: Elaboración propia

Etapa 1.

Se establece el objeto de estudio, el objetivo del análisis y se formula la problemática. Para enfocar aún más el estudio se delimita la problemática.

Etapa 2.

Se selecciona al panel de participantes. Estas personas deben ser expertas en el tema, afectados y/o interesados, de tal modo que su nivel de conocimiento e información puedan aportar ideas y puntos de vista diferentes al problema en cuestión. En la medida de lo posible, deben presentar una pluralidad en sus planteamientos para evitar sesgos (Mallo y Artola, 2003).

Se pueden seleccionar a los expertos de manera cualitativa, donde se resalten los siguientes aspectos:

- Conocimiento del tema de estudio.
- Antigüedad comprobada en el manejo o desarrollo en el tema.
- Participación accesible.
- Informes o publicaciones realizadas.

Para una selección de expertos de forma analítica se utiliza el Coeficiente de Competencia Experta. A través de preguntas acerca del nivel de conocimiento del tema se obtienen valores del coeficiente K, que ayuda a identificar el grado de influencia que tiene el experto en el tema (http://www.ub.edu/histodidactica/index.php?option=com_content&view=article&id=21:criterio-de-expertos-su-procesamiento-a-traves-del-metodo-delphy&catid=11&Itemid=103).

La fórmula es:

$$K = 1/2(Kc + Ka)$$

Kc= Es el Coeficiente de conocimiento o de información con el que cuenta el experto acerca del tema o problema planteado. Es calculado a partir de la valoración que realiza el propio experto en la escala del 0 al 10, multiplicado por 0,1.

Ka= Es el denominado Coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios de los expertos. Este coeficiente se obtiene a partir de la asignación de una serie de puntuaciones a las distintas fuentes de argumentación.



El resultado del Coeficiente de Competencia Experta se divide en tres grupos:

- **Si $K \geq 0,8$. La influencia del experto es alta.**
- **Si $0,8 > K \geq 0,7$. La influencia del experto es media.**
- **Si $0,7 > K \geq 0,5$. La influencia del experto es baja.**

El número ideal de expertos se puede establecer entre 7 y 30. Menos de 7 podría no contener la opinión general de la población de expertos y más de 30 podría dificultar el análisis y retrasar la obtención de resultados, haciendo costosa la técnica.

Etapa 3.

Los cuestionarios pueden contener preguntas abiertas o cerradas. Al ser abiertas los expertos podrían contestar de manera amplia, dificultando el proceso de análisis. Es criterio del analista la consideración del tipo de preguntas.

Los cuestionarios deben tener las siguientes características:

- Simplicidad de llenado.
- Simplicidad de análisis.
- Número de respuestas razonables.
- Evitar preguntas múltiples.
- Uso de escalas adecuadas para cada respuesta.
- Escalas de frecuencia y calidad.
- Uso de lenguaje adecuado.
- Proporcionar instrucciones adecuadas.
- Pruebas pilotos y ensayos.

Etapa 4.

Con la información recabada con los cuestionarios, a través de técnicas estadísticas, se obtienen resultados que proporcionan información para la toma de decisiones.

Las etapas 3 y 4 se pueden aplicar varias veces, es decir se pueden hacer varios cuestionarios hasta contar con una información clara y concisa (se debe contar con la aceptación de los expertos para responder todos los cuestionarios). Entre más cuestionarios se realicen más costosa es la técnica.

Descripción del proceso

El proceso de la técnica es secuencial, es decir, se debe seguir en orden cada etapa para poder obtener el máximo de información posible, y que esta sea clara.

Una vez formulándose el objetivo y la problemática, se elige al panel de expertos. Se les debe notificar el interés de incorporarse al proceso, la comunicación debe ser constante y abierta; puede hacerse de forma directa (en persona o vía telefónica) o indirecta (mediante correos o mensajes).

Con el panel de expertos integrado, se deben realizar cuidadosamente los cuestionarios. El primer cuestionario puede ser de forma introductoria, para que los integrantes se familiaricen con el

proceso. Los resultados generales del primer cuestionario se entregan a cada integrante del panel de expertos a manera de retroalimentación.

Con las respuestas de los expertos se puede elaborar un segundo cuestionario, en busca de una distribución uniforme entre las respuestas de los expertos. Las respuestas del segundo cuestionario se analizan con las mismas técnicas estadísticas del primer cuestionario.

Si el segundo análisis no cumple con el objetivo planteado, se genera otro cuestionario. Este proceso es iterativo, hasta encontrar un consenso entre los expertos.

Con el análisis final, se notifican los resultados a los expertos, estos emitirán sus comentarios finales para generar el informe final con el cumplimiento del objetivo.

En la figura 3-9, se muestra el diagrama de bloques del proceso.

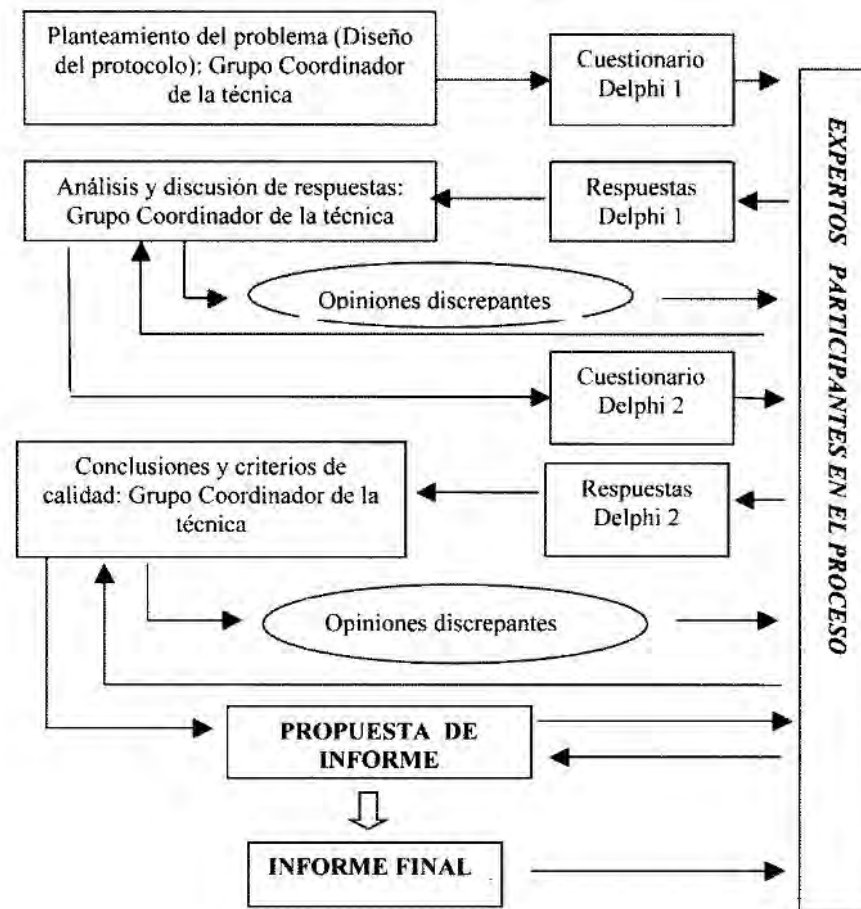


Figura 3-9. Ciclo de la técnica Delphi
Fuente: Pozo, Pérez y Rodríguez (2007)

Ventajas de la técnica Delphi

- La información está disponible después de la consulta del panel de expertos.



- Obtención de información de diversos campos.
- Permite la participación de un grupo de forma ordenada.
- Evita influencias participativas entre los expertos consultados.
- Puede ser presencial o a distancia.

Desventajas de la técnica Delphi

- No asegura la ausencia de desinformación.
- Costo elevado.
- Sincera participación de los involucrados.
- Tiempo del proceso prolongado.

3.5 Conclusiones

Los conceptos necesarios para comprender el análisis sistémico se basan en el enfoque sistémico y su estado del arte. A través de visualizar los procesos como un sistema, es posible entenderlos desde un punto de vista holístico, poder relacionar las funciones de los elementos, analizarlos mediante composición o descomposición y profundizar tanto como el objetivo lo requiera.

El proceso de diseño de proyectos puede ser visto y analizado desde el enfoque de sistemas, aplicando un modelo cibernético para descomponer cada etapa del proceso en subsistemas y determinar quiénes son los elementos productivos y los de gestión, con esto establecer las jerarquías del sistema para la gestión de cada etapa y entender cuál es su objetivo para que el trabajo resultante de conjunción de los dos elementos sea el objetivo planteado del sistema.

Una técnica muy utilizada para la generación de conocimiento cuando se carece de estadísticas o documentación previa para analizar un determinado objeto de estudio es la técnica Delphi, la cual se apoya en la opinión de expertos. A través de la respuesta de cuestionarios y de su retroalimentación controlada, es posible unificar criterios y determinar una situación específica e inclusive la solución de problemas. Esta técnica requiere que el panel de expertos tenga el compromiso de cumplir con todo el proceso y que las respuestas sean sinceras. Para evitar que exista influencia de jerarquías, los participantes no tendrán contacto uno con otro, los cuestionarios serán aplicados uno a uno de forma personal o remota. Al cabo de cada ronda de cuestionarios, se entrega un análisis de las respuestas de todos los expertos para que, con cada cuestionario, las opiniones puedan irse unificando.



Capítulo 4 . Estrategia para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación en la seguridad de estructuras

El presente capítulo establece una estrategia para mejorar el proceso del diseño de proyectos de instrumentación, mediante el soporte metodológico que aporta los conocimientos relacionados con el enfoque de sistemas y con base en la experiencia de personal involucrado en dicho proceso.

4.1 Aplicación de la técnica Delphi

De acuerdo a la problemática y al supuesto generado como solución, en el capítulo dos se desarrolló una estrategia orientada a ser cada proceso más eficiente y contar con medidas de aprovechamiento, para que el trabajo de cada área pueda ser incorporado a un entregable de forma oportuna.

Para que las líneas de acción de la estrategia tengan efectos directos en la mejora del proceso, se utilizó la técnica Delphi para el análisis de posibles soluciones que los expertos tengan sobre los problemas detectados. Se apegó a la técnica en la selección de expertos, elaboración de cuestionarios, análisis y retroalimentación de acuerdo al diagrama de la figura 4.1.

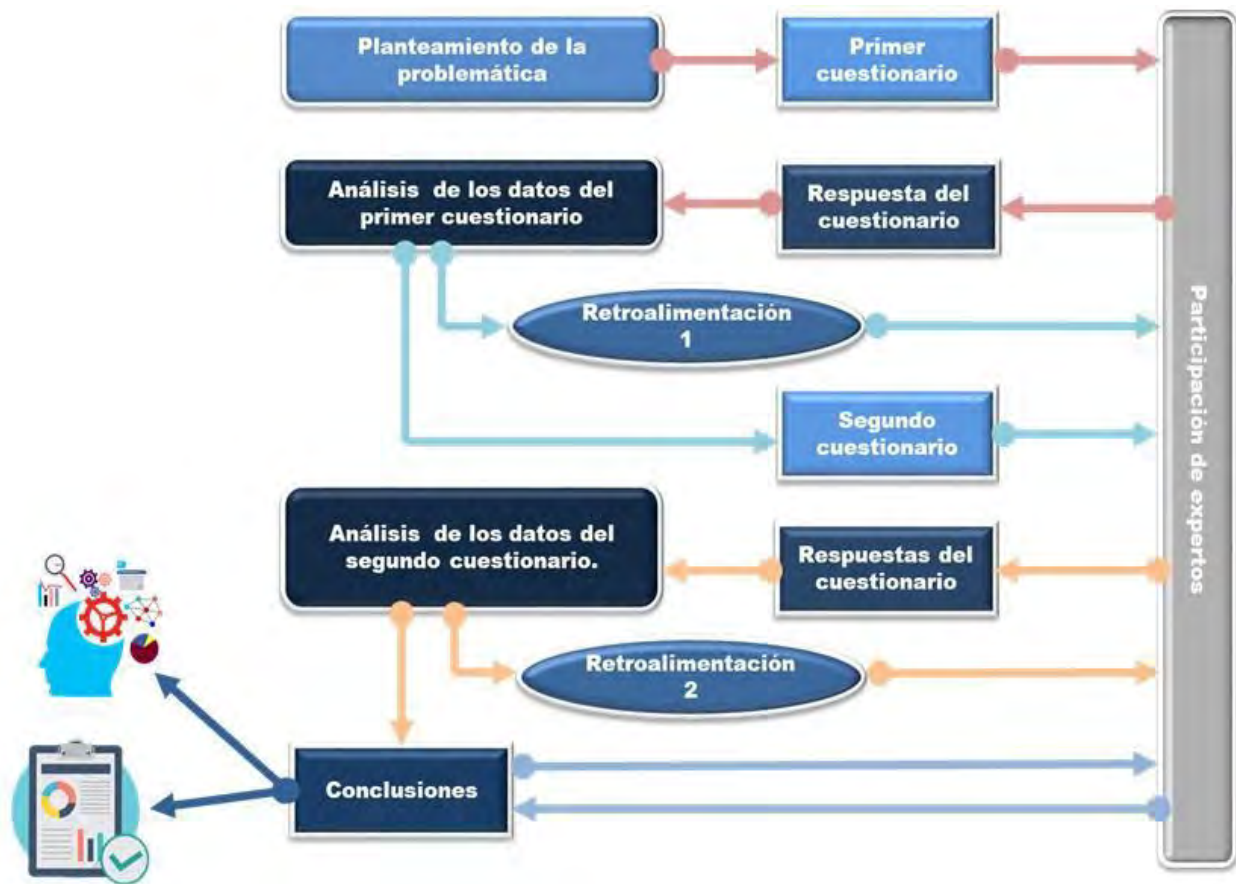


Figura 4-1. Técnica Delphi aplicada
Fuente: Elaboración propia basado en Pozo, Pérez y Rodríguez (2007)

4.2 Selección del panel de expertos

Para la selección de las personas, cuya opinión tenga el peso suficiente de un experto, se requiere establecer un panel compuesto por stakeholders cuya experiencia en el diseño y desarrollo de proyectos sea amplia y que sus opiniones fueran significativas para el desarrollo de la estrategia.

Para elegir a las personas adecuadas, se analizó el organigrama de la empresa y se revisó a las personas que cumplieran con las características principales de un experto, como lo muestra la figura 4-2, de manera general hasta el departamento en donde se realizan los proyectos de instrumentación. Los expertos fueron seleccionados de la Subgerencia de Seguridad de Estructuras, como se muestra en la figura 4-3.



Figura 4-2. Características de un experto
Fuente: Elaboración propia

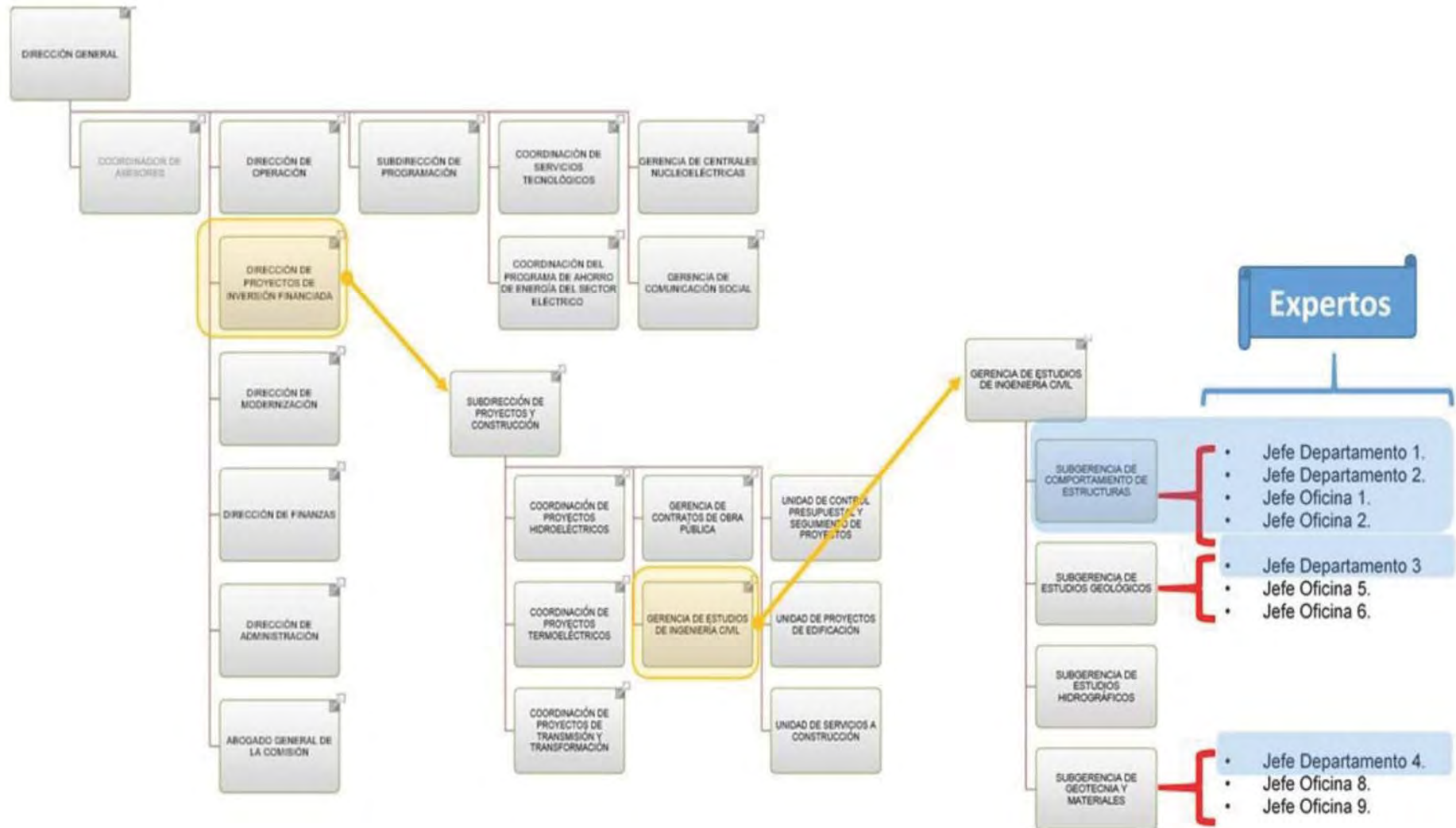


Figura 4-3. Selección de expertos en organigrama
Fuente: Elaboración propia

La selección de expertos está compuesta por:

- Un Subgerente.
- Cuatro jefes de Departamento.
- Dos jefes de Oficina.

Con la trayectoria, experiencia y cumplimiento de las características del personal seleccionado para aplicar la técnica Delphi, sería suficiente para intuir que su opinión es relevante y de gran significancia para obtención de soluciones. Sin embargo, para contar con un apoyo cuantitativo, se aplicó el concepto de **Coficiente de Competencia Experta**.

Para que los resultados se obtuvieran de manera instantánea, se realizó un programa en Visual Basic en el que se registran las respuestas de cada experto e indica si su opinión es significativa para el objeto de estudio. Este programa se puede instalar en una plataforma de sistema operativo Windows. En la figura 4-4 se muestran la ejecución del programa y en el anexo A se muestra el código fuente

Figura 4-4. Programa de coeficiente de experiencia experta
Fuente: Elaboración propia

A los expertos seleccionados, se les envió el programa antes mencionado, a través de correo interno, para su contestación en un lapso de una semana. La única condición para el análisis es que las respuestas sean *honestas*. En la figura 4-5, se muestran los resultados por cada integrante.

Coeficiente de Competencia Experto AVA

UNM POSGRADO

Cálculo de Coeficiente de Competencia Experta

Nombre: Subgerente

K KC KA | TEORÍA

KC Grado de conocimiento sobre el tema 9

KA

Análisis teóricos realizados por el experto Medio

Experiencia obtenida Alto

Trabajos de autores nacionales Alto

Trabajos de autores extranjeros Medio

Conocimientos del estado del problema en el extranjero Medio

Intuición Alto

Calcular

Subgerente tiene un coeficiente K de 0.9

Se considera un Experto

Coeficiente de Competencia Experto AVA

UNM POSGRADO

Cálculo de Coeficiente de Competencia Experta

Nombre: Jefe de Departamento 1

K KC KA | TEORÍA

KC Grado de conocimiento sobre el tema 9

KA

Análisis teóricos realizados por el experto Alto

Experiencia obtenida Alto

Trabajos de autores nacionales Alto

Trabajos de autores extranjeros Medio

Conocimientos del estado del problema en el extranjero Bajo

Intuición Alto

Calcular

Jefe de Departamento 1 tiene un coeficiente K de 0.9

Se considera un Experto

Coeficiente de Competencia Experto AVA

UNM POSGRADO

Cálculo de Coeficiente de Competencia Experta

Nombre: Jefe de Departamento 2

K KC KA | TEORÍA

KC Grado de conocimiento sobre el tema 9

KA

Análisis teóricos realizados por el experto Bajo

Experiencia obtenida Medio

Trabajos de autores nacionales Alto

Trabajos de autores extranjeros Bajo

Conocimientos del estado del problema en el extranjero Bajo

Intuición Alto

Calcular

Jefe de Departamento 2 tiene un coeficiente K de 0.8

Se considera un Experto

Coeficiente de Competencia Experto AVA

UNM POSGRADO

Cálculo de Coeficiente de Competencia Experta

Nombre: Jefe de Departamento 3

K KC KA | TEORÍA

KC Grado de conocimiento sobre el tema 8

KA

Análisis teóricos realizados por el experto Medio

Experiencia obtenida Medio

Trabajos de autores nacionales Alto

Trabajos de autores extranjeros Medio

Conocimientos del estado del problema en el extranjero Medio

Intuición Alto

Calcular

Jefe de Departamento 3 tiene un coeficiente K de 0.8

Se considera un Experto

Coeficiente de Competencia Experto AVA

UNM POSGRADO

Cálculo de Coeficiente de Competencia Experta

Nombre: Jefe de Departamento 4

K KC KA | TEORÍA

KC Grado de conocimiento sobre el tema 8

KA

Análisis teóricos realizados por el experto Medio

Experiencia obtenida Alto

Trabajos de autores nacionales Alto

Trabajos de autores extranjeros Medio

Conocimientos del estado del problema en el extranjero Medio

Intuición Alto

Calcular

Jefe de Departamento 4 tiene un coeficiente K de 0.85

Se considera un Experto

Coeficiente de Competencia Experto AVA

UNM POSGRADO

Cálculo de Coeficiente de Competencia Experta

Nombre: Jefe de Oficina 1

K KC KA | TEORÍA

KC Grado de conocimiento sobre el tema 9

KA

Análisis teóricos realizados por el experto Medio

Experiencia obtenida Alto

Trabajos de autores nacionales Alto

Trabajos de autores extranjeros Medio

Conocimientos del estado del problema en el extranjero Medio

Intuición Alto

Calcular

Jefe de Oficina 1 tiene un coeficiente K de 0.9

Se considera un Experto

Coeficiente de Competencia Experto AVA

UNM POSGRADO

Cálculo de Coeficiente de Competencia Experta

Nombre: Jefe de Oficina 2

K KC KA | TEORÍA

KC Grado de conocimiento sobre el tema 8

KA

Análisis teóricos realizados por el experto Alto

Experiencia obtenida Medio

Trabajos de autores nacionales Medio

Trabajos de autores extranjeros Medio

Conocimientos del estado del problema en el extranjero Medio

Intuición Alto

Calcular

Jefe de Oficina 2 tiene un coeficiente K de 0.85

Se considera un Experto

Figura 4-5. Resultado de la consulta a expertos
Fuente: Elaboración propia



El rango de las respuestas de los expertos se encuentra entre 0.8 y 0.9 en una escala del 0 al 1, lo que indica que las aportaciones de cada experto son significativas para el planteamiento de una estrategia. El panel de expertos quedó conformado de acuerdo a la tabla 4-1.

	Puesto	Experiencia
Experto 1	Subgerente	22 Años
Experto 2	Jefe de Departamento 1	25 Años
Experto 3	Jefe de Departamento 2	20 Años
Experto 4	Jefe de Departamento 3	12 Años
Experto 5	Jefe de Departamento 4	16 Años
Experto 6	Jefe de Oficina 1	14 Años
Experto 7	Jefe de Oficina 2	12 Años

Tabla 4-1. Panel de expertos seleccionados
Fuente: Elaboración propia

Con la acreditación de los expertos, se procedió a la siguiente etapa de la técnica Delphi, la elaboración de los cuestionarios.

4.3 Elaboración de cuestionarios

En el primer cuestionario se busca establecer, a través de los criterios de los expertos, una inducción de los problemas más significativos en el proceso del diseño del proyecto. Para facilidad del análisis se utilizaron preguntas cerradas en escala de Likert, teniendo como respuestas generales tres niveles; **siempre, casi siempre o nunca**, para el primer cuestionario y algunas variantes para el segundo cuestionario como: **sí, no o algunas veces**. Con esta escala se puede medir si las acciones están presentes, si son de ocasión o si no se realizan.

Para los dos cuestionarios, y puesto que previamente se les había contactado a los expertos para aplicar el coeficiente de competencia experta, se les explicó en qué consiste la técnica Delphi para que sus respuestas fueran lo más apegadas a su conocimiento respecto al objeto de estudio.

Debido a que el panel de expertos no se encontraba en un solo sitio, los cuestionarios fueron entregados de manera presencial y por correo. Se estipuló un lapso de tiempo de dos semanas para ser contestados, y de igual manera se recibieron las respuestas de primera mano y electrónicas.

En el primer cuestionario se abordaron los temas detectados en el capítulo dos y mediante el análisis de sus respuestas se observaron tendencias que fueron utilizadas para que en el segundo cuestionario se establecieran algunas las posibles soluciones.

En el mercado existen diversos programas que realizan cuestionarios y se transmiten vía correo electrónico o a través de ligas de enlaces para visitar páginas webs con el beneficio de tener un análisis y avisos de contestación de cada encuesta. Dichos programas pueden ser con un costo o en sus versiones básicas de forma libre. Debido a que la empresa tiene restringida el tráfico de datos vía internet, para mantener la seguridad de la información y aunado a filtros que impiden la visualización



de páginas web de carácter mercantil, se dificulta la manera de generar los cuestionarios bajo esa plataforma.

Para evitar el uso de páginas web o sitios externos, se desarrolló un programa basado en VB .net en el cual se puede desplegar el número de expertos a ser consultados y editar las preguntas. Con el total de cuestionarios contestados, el programa aplica funciones estadísticas para entender el pensamiento de los expertos y plantear el enfoque del siguiente cuestionario. En la figura 4-6 se muestra el formato del primer cuestionario en papel y en la figura 4-7 en el formato del programa desarrollado.

El presente cuestionario es en relación al tema **"Estrategia para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación en la seguridad de estructuras"**. A través de los aportes, de la consulta a un panel de expertos del área de instrumentación, se obtendrán los lineamientos para el desarrollo de una estrategia.

Instrucciones: El encuestado deberá leer las 10 preguntas y contestar de acuerdo a su conocimiento y experiencia la opción que considere adecuada.

Las respuestas tienen carácter de confiabilidad. A manera de retroalimentación, se notificará el resultado del análisis para el seguimiento de un segundo cuestionario.

1. ¿Se establecen los objetivos de cada proyecto durante la etapa previa al diseño?
 Siempre Casi siempre Nunca
2. Las reuniones de diseño de proyectos ¿cumplen con los objetivos planteados?
 Siempre Casi siempre Nunca
3. La información previa a una reunión, ¿es de acuerdo a la disciplina?
 Siempre Casi siempre Nunca
4. ¿Se establece seguimiento de acuerdos?
 Siempre Casi siempre Nunca
5. El estudio de mercado ¿es realizado por un área establecida?
 Siempre Casi siempre Nunca
6. ¿Se cuenta con una base de datos donde se encuentren los proveedores de equipo o insumos más frecuentes?
 Siempre Casi siempre Nunca
7. La estructura de los proyectos ¿es la misma para todos los tipos de instrumentación?
 Siempre Casi siempre Nunca
8. Los acuerdos de las reuniones, ¿son transmitidos a los especialistas?
 Siempre Casi siempre Nunca
9. En cada proyecto, ¿se firma cláusulas de confiabilidad?
 Siempre Casi siempre Nunca
10. ¿Se cuenta protegido bajo derechos de autor cada proyecto de diseño de instrumentación?
 Siempre Casi siempre Nunca

!!! Gracias por su tiempo y participación!!!

Número de Experto _____

Figura 4-6. Primer cuestionario en papel
Fuente: Elaboración propia

Aplicación de Cuestionario

UNAM POSGRADO

INGENIERIA

Selección de archivo de Excel

Ruta del archivo de Excel

Experto 1 Experto 2 Experto 3 Experto 4 Experto 5 Experto 6 Experto 7

Pregunta 1
¿Se establecen los objetivos de cada proyecto durante la etapa previa la diseño?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 2
Las reuniones de diseño de proyectos ¿cumplen con los objetivos planteados?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 3
La información previa a una reunión, ¿es de acuerdo a la disciplina?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 4
¿Se establece seguimiento de acuerdos?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 5
El estudio de mercado ¿es realizado por un área establecida?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 6
¿Se cuenta con una base de datos donde se encuentren los proveedores de equipo o insumos más frecuentes?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 7
La estructura de los proyectos ¿es la misma para todos los tipos de instrumentación?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 8
Los acuerdos de las reuniones, ¿son transmitidos a los especialistas?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 9
En cada proyecto, ¿se firma cláusulas de confiabilidad?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 10
¿Se cuenta protegido bajo derechos de autor cada proyecto de diseño de instrumentación?
 Siempre Casi siempre Nunca

Terminar

Figura 4-7. Formato electrónico del primer cuestionario
Fuente: Elaboración propia

Con el análisis de las respuestas del primer cuestionario y la retroalimentación de los expertos, se realizó un segundo cuestionario; tomando en cuenta que las iteraciones concluían solo con este cuestionario, se formularon preguntas enfocadas para establecer la estrategia y la opinión sobre posibles líneas de acción.

En las ilustraciones 4.8 y 4.9 se muestra el segundo cuestionario tanto en papel como en el formato del programa desarrollado.

El presente cuestionario es en seguimiento al tema "Estrategia para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación en la seguridad de estructuras". A través de la retroalimentación y aporte de expertos del área de instrumentación, se obtendrán los lineamientos para el desarrollo de una estrategia.

Instrucciones: El encuestado deberá leer las 10 preguntas y contestar de acuerdo a su conocimiento y experiencia la opción que considere adecuada.

Las respuestas tienen carácter de confiabilidad. El resultado del análisis global será mostrado a cada integrante del panel de expertos.

1. Los proveedores de instrumentos ¿cambian constantemente?
 Siempre Algunas veces Nunca
2. Contar con una base de datos ¿favorecería la investigación de mercado?
 Sí Tal vez No
3. Los integrantes de cada área ¿cumplen con el perfil para cada proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca
4. ¿El jefe de proyecto es designado por su aptitudes y cualidades?
 Siempre Algunas veces Nunca
5. ¿Se cuenta con el seguimiento de cursos de actualización de conocimientos por parte de los representantes de cada área?
 Siempre Algunas veces Nunca
6. El seguimiento de proyectos ¿se puede ver por todos los integrantes del proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca
7. ¿Cada integrante conoce los alcances y responsabilidades de su trabajo?
 Siempre Casi siempre Nunca
8. ¿La intercomunicación con las áreas se realiza solamente en las reuniones?
 Siempre Algunas veces Nunca
9. El seguimiento de los proyectos ¿en qué formato debe realizarse?
 web Minuta escrita Correo
10. En cada proyecto, ¿se aplican indicadores de desempeño para cada integrante del proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca

¡¡¡Gracias por su tiempo y participación!!!

Cuestionario 2

Número de Experto ____

Figura 4-8. Segundo cuestionario en papel
Fuente: Elaboración propia

Aplicación de Cuestionario

UNAM POSGRADO

SELECCIONA EL ARCHIVO DE EXCEL

Ruta del archivo de Excel

Cuestionarios ¿Cuántos cuestionarios se aplicarán? 7

Experto 1 Experto 2 Experto 3 Experto 4 Experto 5 Experto 6 Experto 7

Pregunta 1
Los proveedores de instrumentos ¿cambian constantemente?
 Siempre Algunas veces Nunca

Pregunta 2
Contar con una base de datos ¿favorecería la investigación de mercado?
 Sí Tal vez No

Pregunta 3
Los integrantes de cada área ¿cumplen con el perfil para cada proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca

Pregunta 4
¿El jefe de proyecto es designado por su aptitudes y cualidades?
 Siempre Algunas veces Nunca

Pregunta 5
¿Se cuenta con el seguimiento de cursos de actualización de conocimientos por parte de los representantes de cada área?
 Siempre Algunas veces Nunca

Pregunta 6
El seguimiento de proyectos ¿se puede ver por todos los integrantes del proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca

Pregunta 7
¿Cada integrante conoce los alcances y responsabilidades de su trabajo?
 Siempre Algunas veces Nunca

Pregunta 8
¿La intercomunicación con las áreas se realiza solamente en las reuniones?
 Siempre Casi siempre Nunca

Pregunta 9
El seguimiento de los proyectos ¿en qué formato debe realizarse?
 Web Minutas escritas Correo

Pregunta 10
En cada proyecto, ¿se aplican indicadores de desempeño para cada integrante del proyecto?
 Sí Algunos No

Terminar

Figura 4-9. Formato electrónico del segundo cuestionario
Fuente: Elaboración propia

4.4 Análisis de resultados

Con los resultados de los dos cuestionarios se pueden determinar los puntos en común de las opiniones de los siete expertos y determinar la estrategia y las líneas de acción que se deberán proyectar para obtener el estado de mejora deseado.

De acuerdo al supuesto, a la delimitación de la problemática planteada en el capítulo dos y a los resultados obtenidos del método Delphi, la estrategia deberá estar orientada en las etapas de entrega parcial de resultados de cada especialidad y del mejoramiento del acceso a la información.

Para el análisis de las respuestas, se estableció el orden de las opciones de acuerdo a su posición con las letras **A**, **B** y **C**. Para la primera opción se designó la A, para la segunda la B y para la tercera la C. De esta manera se cuantificó la frecuencia de cada respuesta y se observó la tendencia. Los concentrados de las respuestas de los dos cuestionarios se muestran en las tablas 4.2 y 4.3; las formas de las gráficas del concentrado están contenidas en el anexo B.



Preguntas	Matriz de resultados							S i e m p r e	C a s i	N u n c a
	Expertos									
	1	2	3	4	5	6	7			
1	A	A	B	B	B	B	B	2	5	0
2	B	B	B	A	C	B	B	1	5	1
3	B	B	C	B	B	B	A	1	5	1
4	A	A	C	B	B	B	C	2	3	2
5	B	A	B	A	B	B	B	2	5	0
6	B	A	C	B	C	C	B	1	3	3
7	B	A	B	B	B	B	B	1	6	0
8	B	B	B	B	B	C	B	0	6	1
9	B	C	C	C	B	C	C	0	2	5
10	C	A	C	B	B	B	C	1	3	3

Preguntas	Matriz de resultados							1	2	3
	Expertos									
	1	2	3	4	5	6	7			
1	B	C	B	C	B	C	C	0	3	4
2	A	A	A	A	A	A	B	6	1	0
3	B	C	C	A	B	C	B	1	3	3
4	B	B	C	A	B	B	C	1	4	2
5	C	C	C	A	C	C	C	1	0	6
6	C	C	C	B	C	C	B	0	2	5
7	B	C	C	A	B	B	C	1	3	3
8	A	A	B	B	A	A	A	5	2	0
9	B	A	A	C	A	B	A	4	2	1
10	C	C	C	B	C	B	C	0	2	5

Tablas 4-2 y 4-3. Respuestas del primer y segundo cuestionario
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.2, correspondiente al primer cuestionario, se puede observar que las respuestas tienen una tendencia en la respuesta “casi siempre”, lo que indica que, si se realizan las cosas, solo habrá que regular su implementación para cada proyecto. En las preguntas seis y diez, las respuestas entre “casi siempre” y “nunca” tienen la misma frecuencia, en esta etapa no se puede determinar su consenso.

En la tabla 4.3 correspondiente al segundo cuestionario, se observa que siete de las diez preguntas tienen una tendencia marcada hacia una posición y en las otras tres preguntas sus respuestas fueron divididas.

La información obtenida de los dos cuestionarios servirá para el establecimiento de la estrategia.

4.5 Desarrollo de la estrategia

El desarrollo de la estrategia considera el resultado del análisis a las respuestas de expertos mediante la técnica Delphi. En dichos resultados se buscó un consenso, que servirá de apoyo para encontrar las áreas de oportunidad y las líneas de acción para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación.

La estrategia planteada se describe como:

“Contar con el personal y los instrumentos necesarios, para generar información oportuna, reducción de pérdidas de tiempo, fomento del trabajo interdisciplinario y cumplimiento de los plazos de entrega”

Con la estrategia y las áreas de oportunidad detectadas, se pueden implementar acciones en la temática de las reuniones, a los objetivos de cada proyecto, a la designación de perfiles de

responsabilidad, a la transmisión de información y al marco de referencia de los instrumentos y proveedores existentes en el mercado.

La estrategia contendrá acciones para que en cada reunión los avances sean dinámicos y con conocimiento previo a la entrega de trabajos. La figura 4.10 muestra las líneas en que se desarrolla la estrategia.



Figura 4-10. Estrategia
Fuente: Elaboración propia

Con la estrategia, el proceso del diseño de proyectos de instrumentación se modificó a lo establecido en la figura 2-2, añadiéndose las líneas planteadas en la figura 4-10 para dar resultado a la figura 4-11.

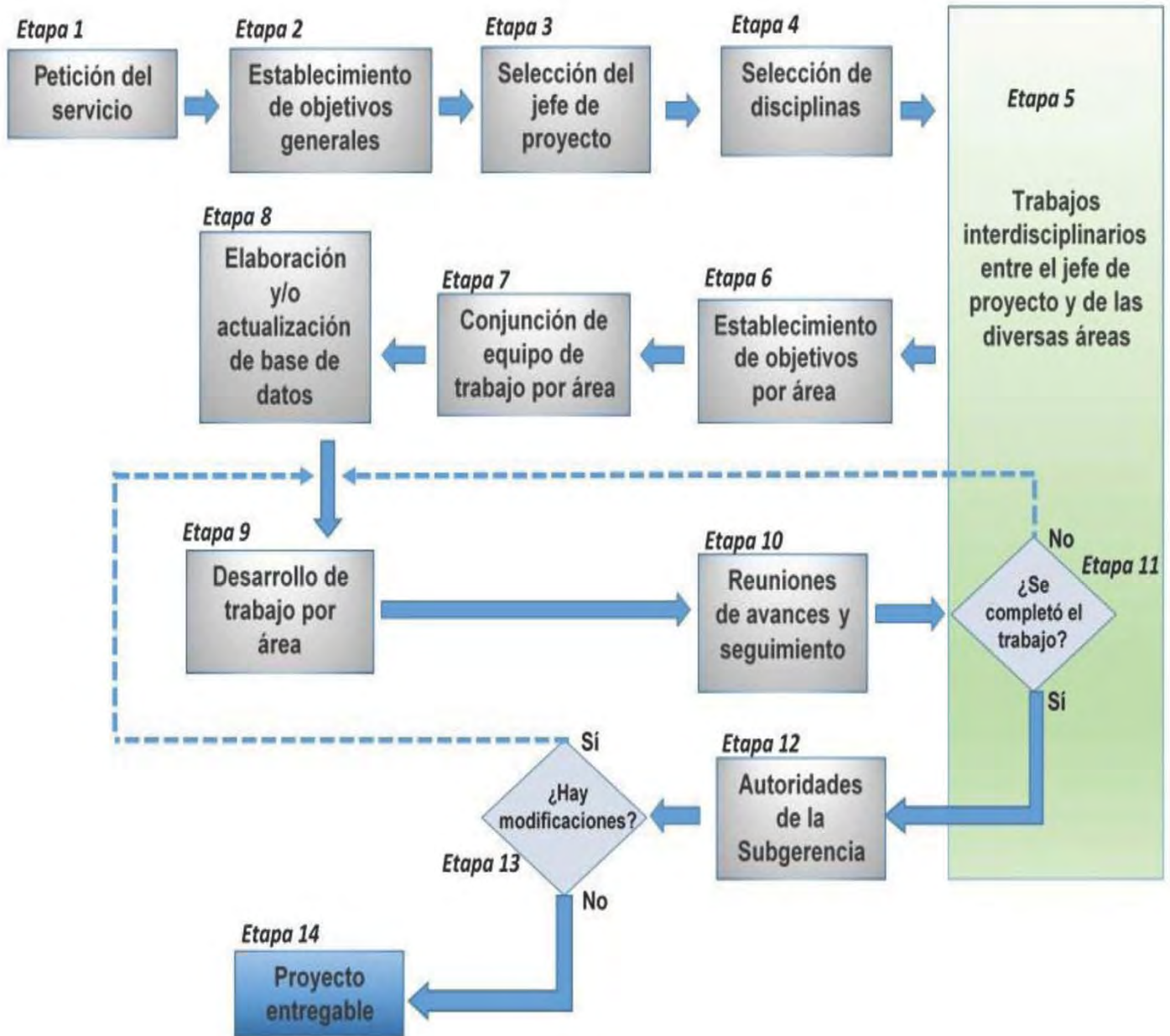


Figura 4-11. Modificación al proceso del diseño de proyectos
Fuente: Elaboración propia

A continuación, se describen las líneas de la estrategia:

OBJETIVOS GENERALES Y PARTICULARES

Desde la primera reunión informativa, se debe definir el objetivo general del proyecto y los objetivos particulares de cada disciplina. Teniendo definido el objetivo los esfuerzos estarán unificados para conseguirlo.

Cada especialidad debe establecer los objetivos particulares, así como parciales, de acuerdo al calendario de reuniones. Deben ser claros para todos los miembros de cada disciplina y alineados con los objetivos generales.

Durante la definición de los objetivos, los jefes de cada especialidad, así como el jefe de proyecto, deben de exponer sus opiniones sobre el alcance planteado, de acuerdo a la capacidad de los recursos humanos y materiales con los que cuenta la empresa.

Se deben calendarizar las actividades por especialidad, y a su vez, dentro de cada área por disciplina o por grupo de especialistas. En esta programación de actividades se establecen las reuniones para la entrega de avances y los compromisos que cada especialidad aceptará realizar en el tiempo propuesto. Para esto, se homologará un software de manejo sencillo como son: las hojas de cálculo de Excel, de OpenOffice, calendarios de correo electrónico abierto o propio de la empresa, etc. o de programas enfocados a la administración de actividades como lo son: Project de Microsoft o Workproject. Esta calendarización puede ser compatible con herramientas de visualización de distribución web como complemento de la línea de acción de **Proyección de avances**. En la figura 4.12 se muestra una hoja de la plantilla de Microsoft Project 2016.

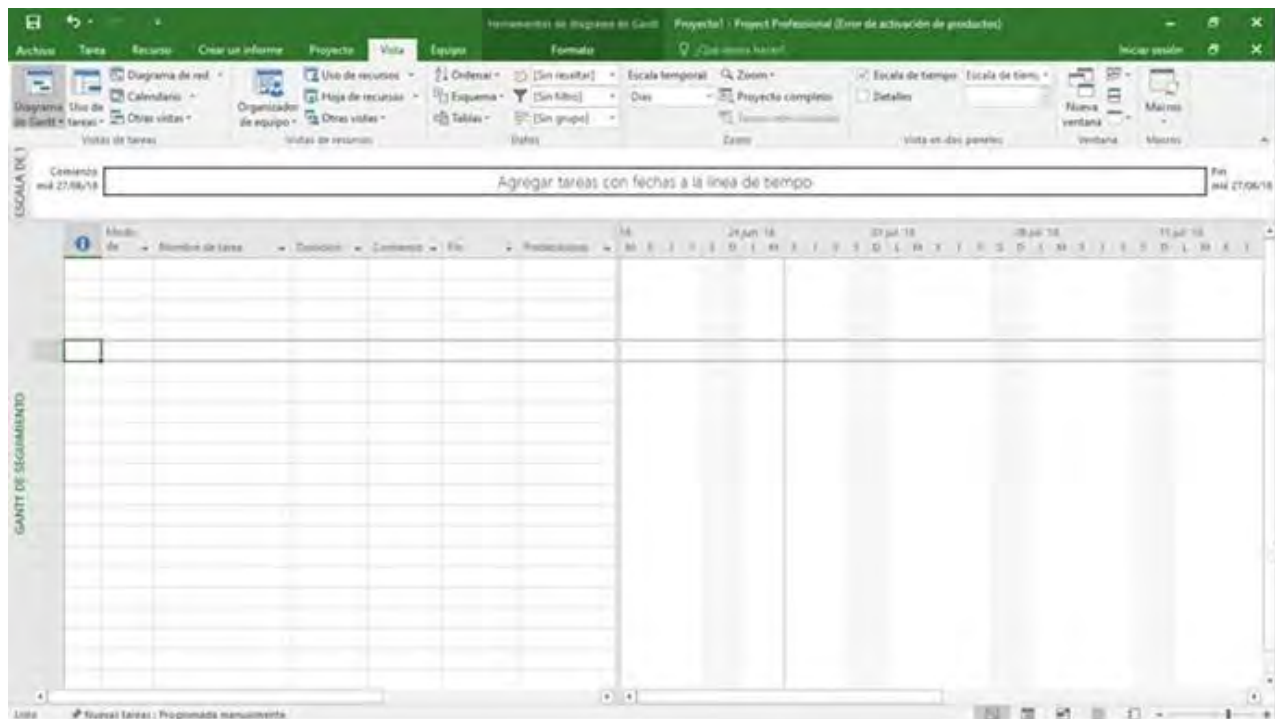


Figura 4-12. Plantilla de actividades
Fuente: Programa Microsoft Project

PERFIL DEL PERSONAL

Para que las actividades sean organizadas y desarrolladas de forma eficiente, se debe seleccionar al personal adecuado para cada función. Es decir, se debe contar con perfiles del grupo de especialistas que se encuentran involucrados en el diseño de proyectos, y ubicar a cada uno de acuerdo con sus habilidades y conocimientos.

Esta selección debe empezar con el jefe de proyecto, el cual debe contar con los conocimientos y experiencia relacionada al proyecto en cuestión, así como, características de liderazgo y de toma de decisiones.

La selección de integrantes debe ser de arriba hacia abajo, desde la jefatura hasta los especialistas que cada departamento asigne para la participación en el proyecto. En la figura 4-13, se muestra la descomposición de las áreas participantes y sus representantes.

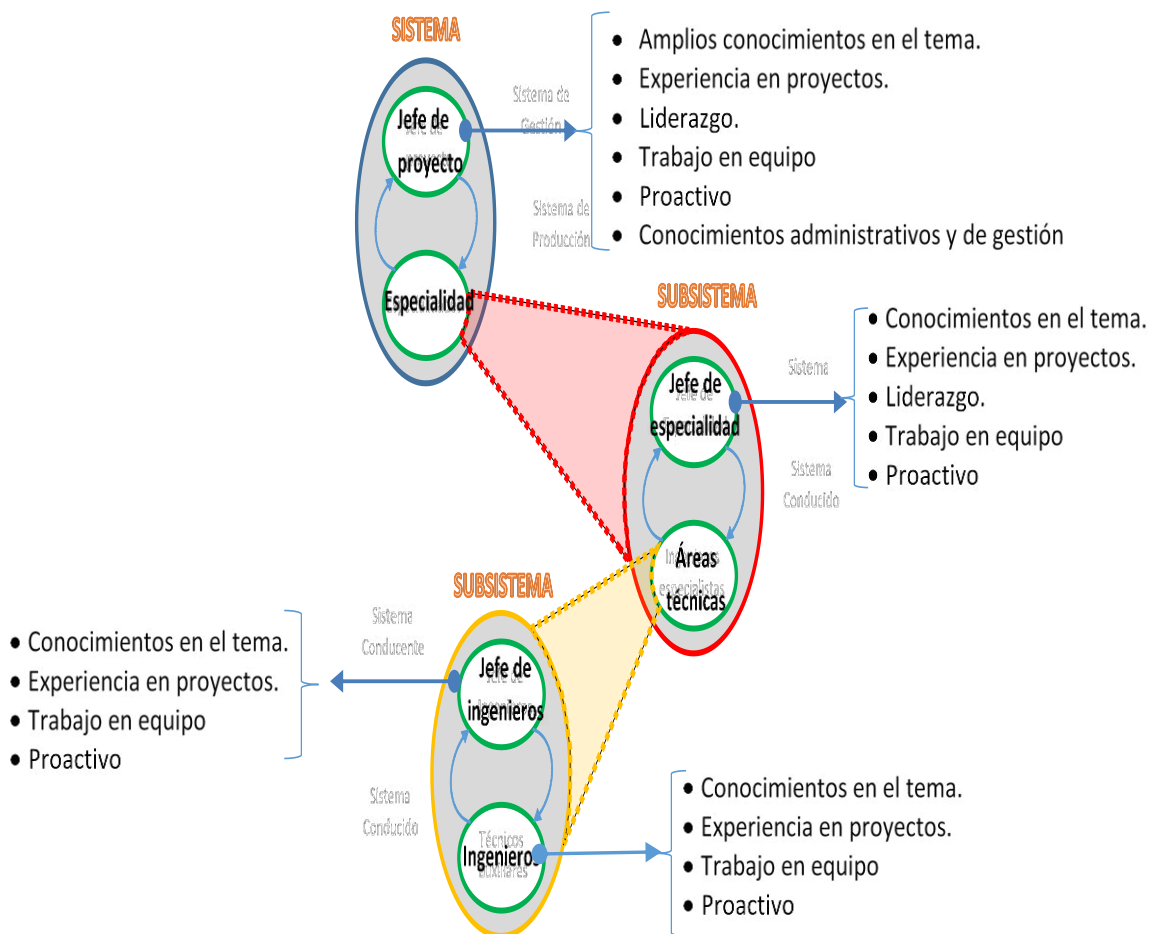


Figura 4-13. Perfil del personal

Fuente: Elaboración propia

Con la designación de los responsables (jefe de proyecto y de disciplinas participantes) se deben establecer las funciones, atribuciones y responsabilidades que cada uno tendrá en el desarrollo del proyecto, esto, para esclarecer las decisiones que pueden tomar y las actividades a realizar.

Otro factor importante para la selección del personal son los cursos de capacitación en los que se han participado, tanto los que imparte la empresa como también los externos de instituciones educativas o de carácter profesionista. Dichos cursos comprenden conocimientos técnicos y el desarrollo de habilidades para el trato con las personas, es decir, habilidades que apoyen la comunicación y fomenten el trabajo en equipo, para encaminar los esfuerzos en busca de alcanzar los objetivos generales del proyecto.

Los cursos de habilidades de comunicación deben estar presentes en todos los niveles jerárquicos del proceso, aunque pueden variar de un puesto a otro debido a las necesidades que se requieren para desempeñar las actividades.

Para los puestos de las áreas técnicas se debe contar con cursos que estén orientados al trabajo en equipo y a la toma de decisiones, para que cada aporte sea complemento de otro y al final de cada disciplina se pueda contar con entregables por área. En la figura 4-14, se muestran los cursos de los puestos.



Figura 4-14. Cursos para puestos de ingeniería
Fuente: Elaboración propia

Para los puestos directivos, también se debe contar con los cursos de las áreas técnicas, aunados a los orientados hacia la administración de los recursos, al trato con el cliente, negociación, planeación y clima organizacional. Estas habilidades ayudarán a los jefes de proyectos y de disciplinas a orientar los esfuerzos para alcanzar los objetivos y guiar a los grupos de trabajo para obtener su mayor esfuerzo y un desempeño óptimo, manteniendo la motivación constante y agregando valor al proceso y al resultado con el cliente. En la figura 4-15, se muestran los cursos para las jefaturas.



Figura 4-15. Cursos para puestos de jefatura
Fuente: Elaboración propia

BASE DE DATOS

En cada departamento existe una persona responsable de establecer el nexo con el área técnica y el área de adquisiciones (regularmente del área de administración). Sus funciones principales son la realización de los estudios de mercado de los instrumentos o servicios requeridos para cada proyecto y entablar la comunicación con los proveedores. Sin embargo, para no depender de una sola persona que realice esta actividad, los ingenieros deben tener los conocimientos para realizarla y contar con los datos de contactos que faciliten la adquisición de los bienes o servicios.

Debido a que la instrumentación orientada a la seguridad de estructuras es una disciplina especializada, los instrumentos comúnmente utilizados los fabrican o distribuyen ciertas marcas ya reconocidas en el medio. Sin embargo, debido al avance de la tecnología, los instrumentos están en constante desarrollo e incorporan cada vez más aplicaciones de visualización o interpretación de datos que facilitan las mediciones o la transmisión de estas.

Por estas razones es importante contar con una base de datos con la información de los instrumentos, tales como: descripciones de funcionamiento, hojas de especificaciones técnicas, marcas que los distribuyen, contactos de vendedores y precios. Esto tanto para bienes como para servicios.

Esta base de datos debe ser desarrollada con el apoyo del área de informática, con un software especial para base de datos con el que cuente la empresa. Con el fin de poder acceder a la información desde cualquier lugar dentro de la empresa, se debe implementar en una página web que será almacenada en el servidor con acceso desde la intranet. Para restringir el acceso a personal que no cuente con la autorización de visualización y/o edición de la base o de la página, se debe de incorporar seguridad mediante perfiles de acceso que cuenten con diversos niveles que permitan editar o solo visualizar la información.



INDICADORES DE CONTROL

La manera de medir el cumplimiento de los objetivos en todos los niveles del proceso es a través de KPI's ¹⁰. Estos indicadores de rendimiento deben ser definidos desde la primera junta de información del proyecto.

Es conveniente que el establecimiento de los indicadores sea concebido por consenso entre el jefe de proyecto y los representantes de cada especialidad, así cada área comunicará sus alcances máximos o pueden ser decididas solo por el jefe de proyecto, con la anuencia de si las áreas podrán cumplir con ellos.

Los indicadores estarán enfocados a la medición del trabajo entregado, de acuerdo a lo planteado en cada reunión. Es decir, desde la primera reunión se debe establecer el periodo para cumplir el objetivo y este será dividido de acuerdo con el número de reuniones durante ese periodo, así cada reunión deberá representar un porcentaje de avance. Esta misma concepción se puede implementar hacia las áreas y medir el desempeño de cada trabajador.

Otro indicador puede medir el porcentaje de presupuesto ejercido de acuerdo a cada disciplina y de manera general. Del mismo modo que en el desempeño, durante cada reunión las áreas participantes deben de reportar los gastos realizados en ese periodo y debe ser sumado para obtener el total. De esta manera se tendrá un control presupuestal e inclusive detectar oportunamente un exceso de gasto e implementar acciones correctivas para el cumplimiento del proyecto.

En la tabla 4-3, se muestran los principales indicadores de productividad y de presupuesto.

Indicadores			
Productividad	Avance Acumulado	Avance acumulado por área	Avance por reunión y por área
Presupuesto	Gasto acumulado total	Gasto por área	Gasto por reunión y por área

Tabla 4-3. Indicadores
Fuente: Elaboración propia

PROYECCIÓN DE AVANCES

En cada reunión de avances y de término de proyectos, se comunican los logros de cada objetivo o los compromisos faltantes y su tiempo para culminarlos. Esta comunicación debe ser de abajo hacia arriba. Es decir, primero entre el grupo de especialistas y así ir subiendo de nivel hacia el jefe de área, posteriormente al jefe de especialidad y finalmente al jefe de proyecto. Esta estructura de pirámide ayuda a comunicar solo la información relevante entre áreas y posteriormente entre especialidades con lo que se elimina la información innecesaria para los jefes de cada frente.

La información generada por cada área debe estar disponible para que entre áreas se puedan compartir los avances y tener una sinergia entre los ingenieros de diseño y los jefes de área, tal como se muestra en la figura 4-16.

¹⁰ Key Performance Indicator= Indicador clave de rendimiento



Figura 4-16. Comunicación de resultados por áreas
Fuente: Elaboración propia

Para acceder a la información, se deberá contar con una página web donde se pueda mostrar la información, descargar y monitorear los indicadores tanto de desempeño como de presupuesto. Esta página debe ser actualizada por los jefes de cada área y controlada por el área de informática, la cual podrá establecer criterios de seguridad de acuerdo al perfil que se requiera, es decir, a través de cuentas de usuario se podrá establecer si puede modificar la información de la página o solo visualizarla. También se puede utilizar como bitácora electrónica y asentar los acuerdos y compromisos de cada área después de cada reunión.

Un diseño preliminar de la página se muestra en la figura 4-17, donde se observan tres links destacados; **indicadores de avance, presupuesto ejercido y base de datos**. Dentro de estos links habrá submenús que separan la información de manera general o por disciplina. Otro link importante serán los compromisos, en los cuales se plasmarán las minutas o acuerdos que se establezcan en cada reunión para dar seguimiento del cumplimiento de los objetivos. Como medida de seguridad, se establecerá un apartado con el nombre de usuario y contraseña, y de acuerdo a su nivel jerárquico, podrá navegar por todos los menús y submenús de la página y poder subir y descargar documentos como la entrega parcial de su avance o podrá estar restringido a solo la consulta de ciertos submenús de acuerdo al área de trabajo.

La realización de esta página será con el apoyo del área de informática de la empresa, la cual cuenta con los recursos para poder desarrollarla y subirla al servidor de la intranet para que pueda ser consultada en cualquier parte donde haya red de la empresa.



Figura 4-17. Esquema de página web
Fuente: Elaboración propia

4.8 Conclusiones

Con el paradigma cibernético se establecieron las áreas de gestión y las productivas, esto, para analizar el área operaria y, a través de la descomposición, determinar los elementos que la componen y establecer las líneas de la estrategia.

La técnica heurística participativa Delphi, permitió establecer y analizar criterios diversos en un consenso y generar ideas entre un equipo de trabajo, así como obtener la información necesaria para desarrollar la estrategia. Para la selección de los expertos se recurrió al organigrama de la empresa y escoger a las personas idóneas. Por el simple hecho de contar con una experiencia amplia se podrían considerar como expertos. Sin embargo, para contar con un mayor peso en la selección se apoyó del término de *Coficiente de Competencia de Experta*. Para este último término se desarrolló un software que calcula si la opinión de la persona tiene gran significancia para el tema o no.

La estrategia se formuló de la siguiente manera: *“Contar con el personal y los instrumentos necesarios, para que cada tipo de proyectos cuente con la información oportuna que evite pérdida de tiempo y re-trabajos entre las diferentes áreas y se cumplan los plazos de entrega”*.

Desde el punto de vista holístico, cada área debería de tener interacción y complementarse una con otra, para que el proyecto sea más que la suma del trabajo de cada área. Para que esto sucediera se planteó que la difusión de cada área fuera entregada casi en tiempo real de concluirse, así, distintas áreas podrán establecer nexos de trabajo ligados, es decir, se podrán complementar para enriquecer el resultado final.

Con la estrategia se modificó el proceso del diseño de proyectos. El proceso original contaba de 6 fases y el nuevo consta de 14. Las diferencias se encuentran en la generación de bases de datos actualizadas, en compartir información que aumenta la interacción de las áreas, la retroalimentación controlada mediante el avance esperado y las modificaciones de la jefatura. En la figura 4-18 se muestran los dos procesos.

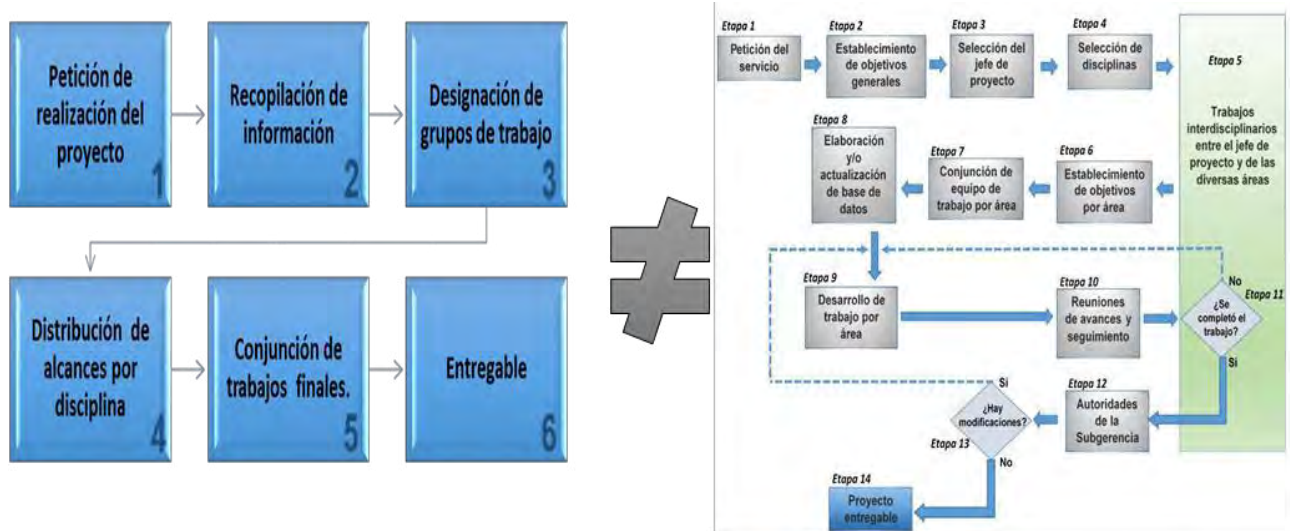


Figura 4-18. Proceso original (Izquierda) y proceso modificado (derecho)
Fuente: Elaboración propia

La estrategia desarrollada está enfocada a hacer eficiente el proceso en cinco aspectos:

- Objetivos.
- Perfil de personal.
- Base de datos.
- Indicadores de control.
- Proyección de avances.

Para consultar la información se diseñará una página web que contenga todos los aspectos relevantes de la estrategia y podrá ser ingresada a través de perfiles de usuario con distintos niveles de seguridad. La estrategia propuesta brindará mayor control de la información generada por cada área tanto de conocimiento como de presupuesto ejercido y está orientada al total entendimiento de los objetivos y de acciones que ayuden a agilizar la consulta de información y la sinergia entre áreas.





Capítulo 5 . El estudio de caso

El presente capítulo muestra los resultados de la aplicación de la estrategia desarrollada en el capítulo anterior, para el caso específico del diseño de proyectos de instrumentación realizado en la CFE, desde la concepción o pedido del servicio, el desarrollo y el entregable al cliente.

5.1 Selección del proyecto

Para implementar la estrategia y sus respectivas líneas de acción, se seleccionó un proyecto que incorporará la mayor parte del proceso. Es decir, desde la concepción del proyecto, la selección del personal y el apoyo de las acciones planteadas. Con esto se podrá verificar cada etapa y evaluar la factibilidad y rendimiento de la implementación.

Bajo la nueva estructura de la CFE, se eligió un proyecto proveniente de un área de generación de energía eléctrica mediante la fuerza del agua (hidroeléctrica). El cliente (EPS)¹¹ desea conocer, si la estructura (presa) puede soportar una mayor acumulación de agua. Es decir, que mediante el vaso regulador se pueda almacenar un nivel superior de embalse y generar energía durante un lapso mayor o trabajar a mayor capacidad las turbinas, así como administrar el recurso hídrico en temporada de estiaje, tanto para riego como para energía.

Al elevar el nivel de embalse los valores del NAMO¹² y NAME¹³ serán modificados y la estructura presentará esfuerzos estáticos (cuando el agua está almacenada) y dinámicos (durante el llenado del nuevo nivel y el vaciado durante generación) que no fueron contemplados en su diseño original para operar de manera constante. Aunque los valores de diseño no sean muy reducidos, es decir, están sobrados en los aspectos de seguridad; con un mayor embalse la presión ejercida sobre la presa aumentará, sobre todo en áreas donde no se tenía la presencia de agua constante y que podría provocar aumento de filtraciones, por tal motivo, es necesario monitorear el comportamiento de la estructura para conocer y prevenir alguna anomalía fuera de lo planteado por los ingenieros de diseño, sobre todo para estructuras que ya cuentan con cierto tiempo de operación.

El proyecto se describe en la figura 5-1, en color rojo se muestra el NAMO establecido de manera original y en color azul el propuesto por la central hidroeléctrica.

¹¹ EPS. - Empresa Productiva del Estado

¹² NAMO. – Nivel de Agua Máximo de Operación

¹³ NAME. – Nivel de Agua Máximo de Excedencias

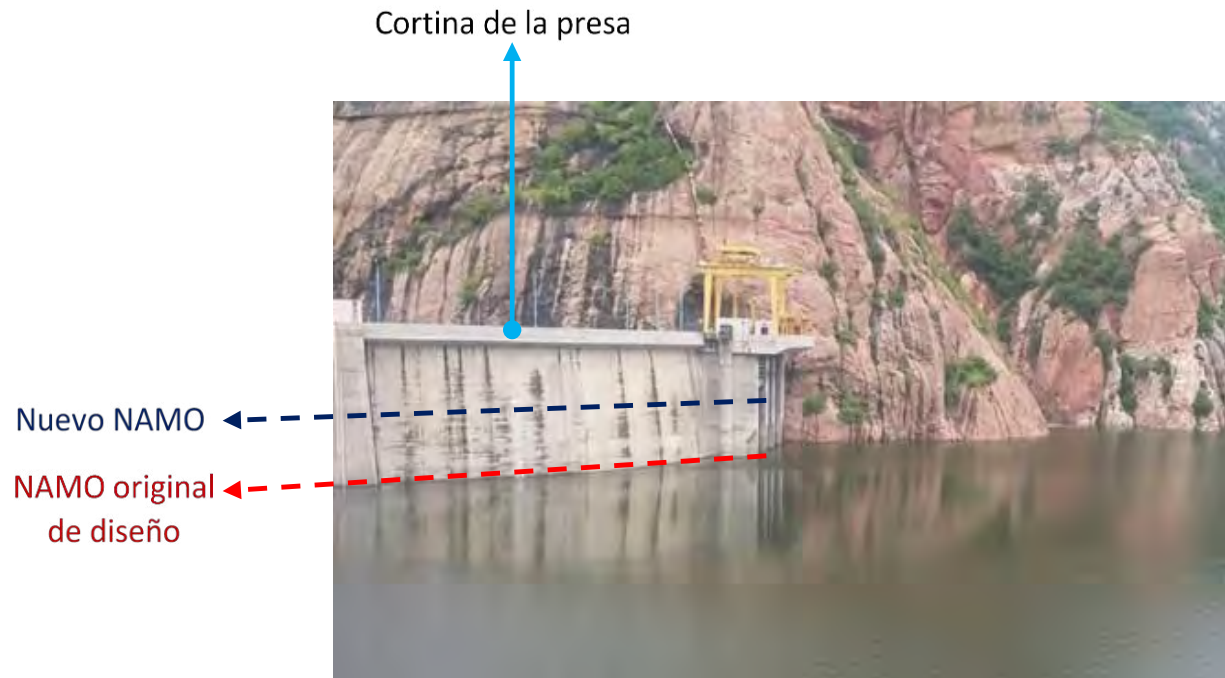


Figura 5-1. Cambio de NAMO en central hidroeléctrica

Fuente: Modificado de <http://www.sonoranbusinesssensor.com/2018/06/presa-huites-confirma-la-profepaque.html>

5.2 Implementación de la estrategia

Para la implementación de la estrategia, se siguieron las etapas establecidas en el nuevo proceso, de acuerdo a la figura 4-11.

Etapa 1.

El Subgerente de Seguridad de Estructuras convoca a los jefes de Departamento a una reunión, el objetivo: informar la petición del servicio que requiere el cliente. Esta solicitud se realizó a través del correo institucional.

Etapa 2.

Definir el objetivo principal que el cliente espera del servicio: Diseñar e implementar un sistema de instrumentación que sirva para el análisis estructural de la presa ante una modificación de sus parámetros de diseño.

Etapa 3.

El Subgerente designa al jefe del proyecto con base en las actitudes y competencias para el puesto, así como la disponibilidad del personal con facultades para ser seleccionados. En la figura 5.2 se muestran tres posibles candidatos para la selección del jefe de proyecto. Los perfiles de cada uno de ellos fueron mostrados en la reunión para transparentar la selección, resaltando las características de cada uno y ejemplificando el aporte al proyecto de cada candidato.

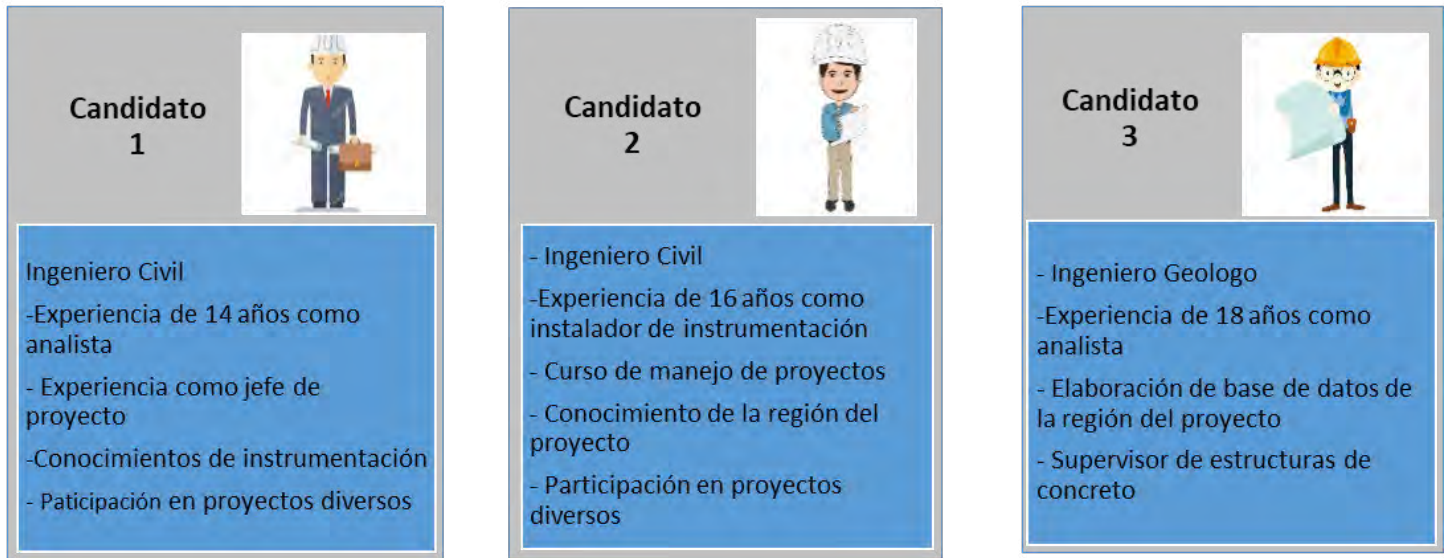


Figura 5-2. Candidatos para jefe de proyecto
Fuente: Elaboración propia.

El elegido fue el candidato 2, ya que cuenta con la experiencia en el manejo de instrumentación, ha participado en varios proyectos desde la etapa de diseño hasta la implementación, tiene conocimiento de la región y conoce que instrumentos se tienen instalados en la estructura. Aunque es su primera dirección de proyecto, cuenta con un curso impartido por la CFE acerca de manejo de proyectos. Los otros dos candidatos carecían, ya sea conocimientos de la región o de la instrumentación instalada.

Etapa 4.

El jefe de proyecto establece las áreas que intervendrán en el proyecto: Debido a la naturaleza del servicio, se requiere ser interdisciplinario para cubrir diversas áreas de conocimiento y obtener la información necesaria para analizar la presa de forma dinámica y estática, así como la toma de decisiones de forma oportuna.

Las áreas involucradas para participar fueron las siguientes:

- Mediciones e instalaciones.
- Electrónica.
- Análisis y Evaluación.

Etapa 5.

Reunión informativa entre el jefe de proyecto y los jefes de cada disciplina para establecer las funciones, atribuciones y responsabilidades que cada jefe tendrá en el desarrollo del proyecto.

Etapa 6.

Establecimiento de objetivos por disciplina: Los responsables de cada Departamento elaboran los objetivos para cada disciplina, los cuales se muestran en la figura 5.3.

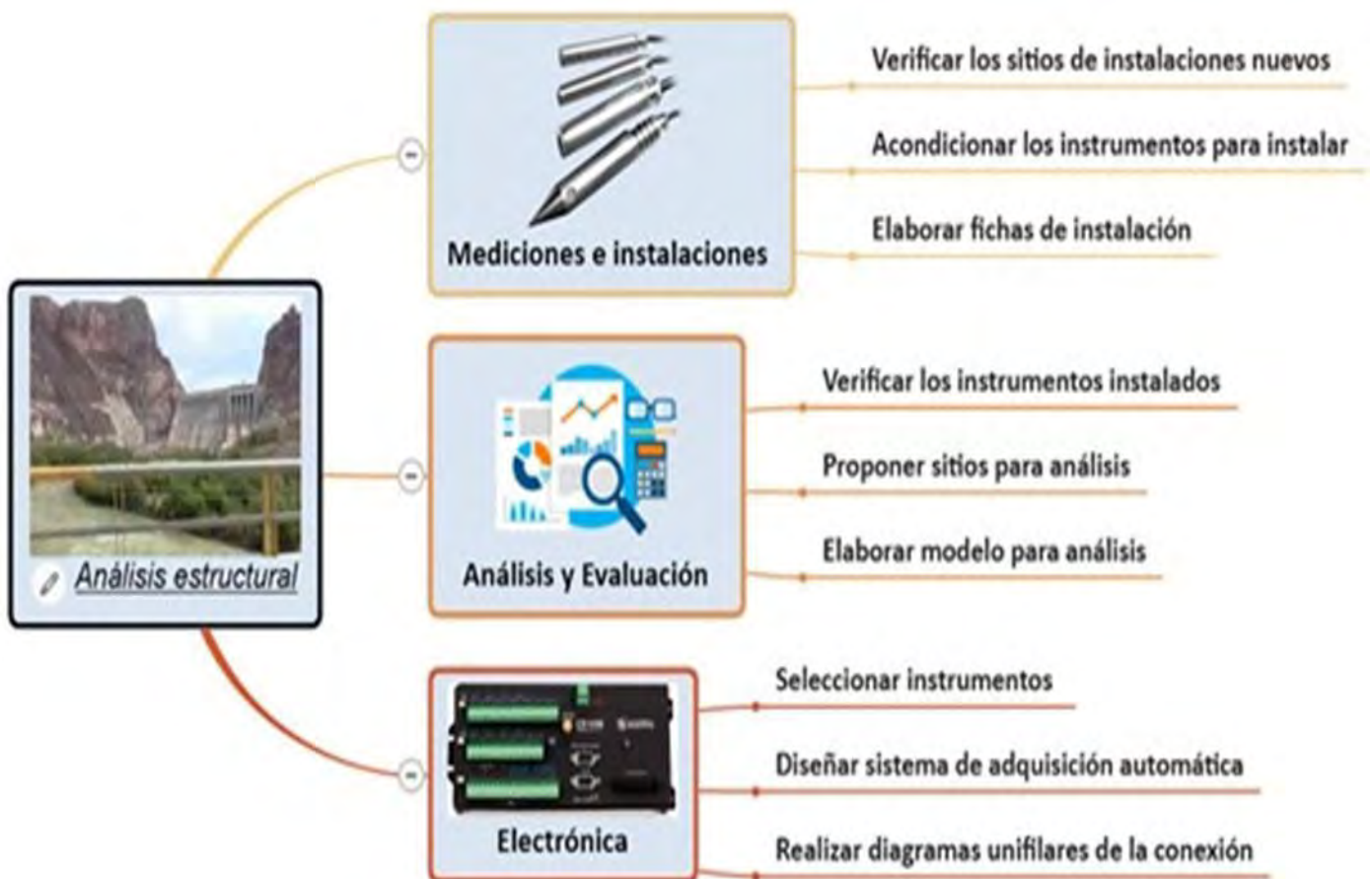


Figura 5-3. Objetivos por disciplina
Fuente: Elaboración propia.

Etapa 7.

Conjunción de equipo de trabajo: Los jefes de los Departamentos y Oficinas establecieron a los integrantes que participarán en la obtención de la información y desarrollo del proyecto. Los grupos estaban formados, en su mayoría, por ingenieros de disciplina cuyo perfil cumplían con los conocimientos para generar la información necesaria y la experiencia de participar en proyectos de diseño e implementación de sistemas de instrumentación en diversas áreas de CFE.

Cada disciplina integró su equipo de trabajo de acuerdo a la figura 5.4 y fue difundido a cada responsable de área para su conocimiento.

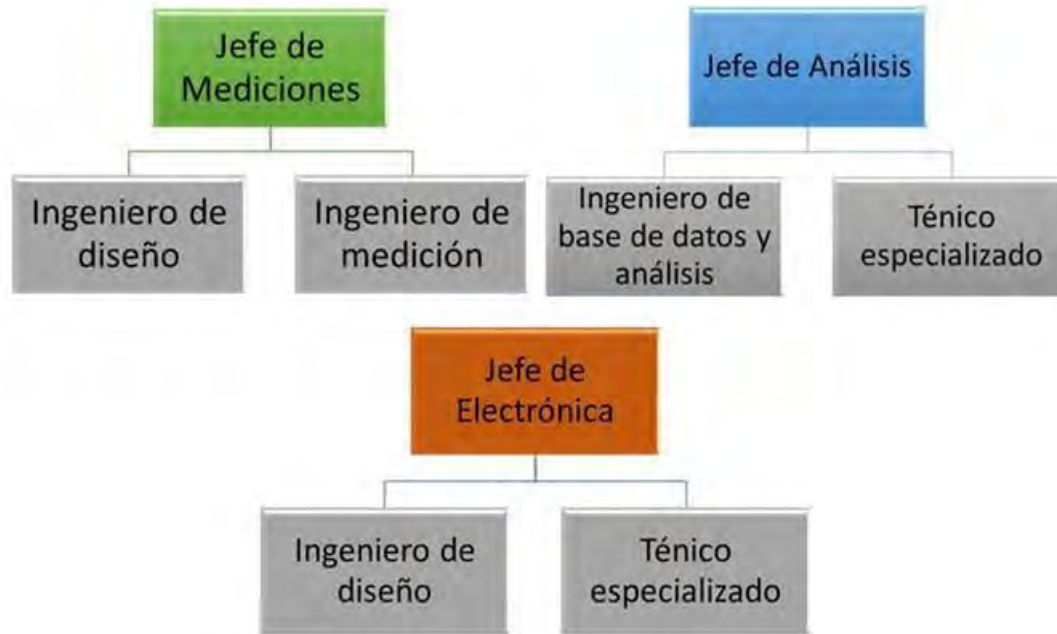


Figura 5-4. Organigramma por disciplina
Fuente: Elaboración propia.

Etapa 8.

Elaboración de bases de datos: El jefe de proyecto encargó a cada área de trabajo recopilar toda la información referente a la presa y elaborar una base de datos.

Etapa 9.

Las áreas de Mediciones y de Electrónica se encargaron de la selección de instrumentos de medición para ser instalados, esto, a través de una búsqueda en la base de datos que muestra los principales fabricantes y distribuidores de equipo geotécnico. Con esta información se realizó el estudio de mercado, agrupando a los distribuidores que pueden ofrecer los productos que se requieren para el desarrollo del proyecto.

El área de Análisis y Evaluación, revisó los instrumentos instalados, de acuerdo a los informes de comportamiento, bitácoras de las campañas de medición de instrumentos y en los catálogos de diseño de la presa.

Para el rango de ingenieros y técnicos, el resultado de su trabajo fue transmitido al jefe de disciplina, recopilando la información para hacer un compendio de ideas e informes internos, que serán transmitidos al resto del grupo de trabajo.

Etapa 10.

Reuniones de avances: Para que cada disciplina entregará los avances o el resultado de su trabajo, se establecieron reuniones periódicas con el jefe de proyecto y de las disciplinas.

El seguimiento del proyecto se realizó a través de una página web, que contenía: el objetivo principal, el organigramma general y por cada área de responsabilidad, así como sus objetivos. La



navegación de la página se realizaba mediante ligas de conexión para ingresar a los compromisos de cada reunión y un minutario, así se podrían verificar los alcances por disciplina para cada nueva junta de avances y contar con una mejor sinergia.

Con el avance parcial mostrado en la página web, cada área podría verificar el trabajo de las otras áreas y complementar el suyo, evitando repetir trabajos, facilitando la comunicación directa en para que el entregable no tuviera retrasos.

El proyecto consistía solo en el diseño, no se generó en la página web una liga que mostrará los recursos ejercidos por área o general. En su lugar se mostraba un calendario de actividades planeadas y ejecutadas.

Los indicadores de desempeño solo fueron generados por los representantes de área desde la primera reunión a manera informativa y contenía los avances de cada etapa por área.

Etapa 11.

En total se realizaron tres reuniones. En cada una de ellas se plasmó los compromisos adquiridos, los pendientes para la próxima y los avances de sus trabajos. La comunicación fue de manera directa con los responsables de las distintas áreas.

Etapa 12.

Revisión por parte de las autoridades: El Subgerente revisó el compendio de los trabajos de las disciplinas participantes.

Etapa 13.

Las observaciones de la jefatura fueron de carácter de formato, por lo que no requirió ser modificado en contenido.

Etapa 14.

El proyecto se concluyó con el diseño de una re-instrumentación en las áreas vulnerables de la cortina, proponiendo la instalación de 25 piezómetros de cuerda vibrante en el interior de las galerías de la presa, aunado de 6 extensómetros en las juntas de material rocoso de los dos márgenes (izquierda y derecha) y de la rehabilitación de 4 acelerógrafos (dos de ellos en el atraque y dos más en los márgenes). La instrumentación estaría canalizada a un sistema de adquisición de datos interconectado vía inalámbrica a la intranet de la Central para monitorear en tiempo real los registros de cada sensor.

El cliente recibió con agrado el diseño presentado y gestionará los recursos para implementar el proyecto.



5.3 Conclusiones

La estrategia se implementó en un proyecto de instrumentación que le fue pedido a la Subgerencia de Seguridad de estructuras de la CFE. EL proyecto consistió en “*Diseñar un sistema de instrumentación que sirva para el análisis estructural de la presa ante una modificación de sus parámetros de diseño*”.

Como el proyecto partió de la petición del servicio, se pudo aplicar el nuevo diseño del proceso de acuerdo a la figura 4-11, alineado a las acciones de la estrategia.

El desglose y establecimiento de los objetivos, generales y por área, esclareció los alcances y responsabilidades que cada área debería tener para cumplir con el resultado que el cliente espera.

Con la base de datos generada se facilitó la búsqueda de instrumentos, de proveedores y hasta de las características de la presa. Se redujo el tiempo de generar el estudio de mercado al tener a la mano los contactos de las empresas que pueden proporcionar los equipos.

Otro aspecto relevante fue la documentación de las actividades del proyecto, es decir, desde la primera reunión se pudo documentar los acuerdos, pendientes y avances por área y de manera general. Todo esto mediante una página web diseñada para el proyecto y que cualquier involucrado pudiese tener acceso a revisar los trabajos desde cualquier punto de la intranet de la empresa. Con esto se conocía, por todos los integrantes, el trabajo que se generaba; fortaleciendo la sinergia entre áreas, para que cada una de ellas pudiera entregar la parte que le corresponde sin retrasos ni re-trabajos. Por ejemplo, el área de análisis generó tablas de instrumentos instalados por tipo y variable física que media, así el área de electrónica (con la información de análisis) podía investigar instrumentos similares o compatibles y el área de mediciones establecer la viabilidad de la instalación o rehabilitación de dichos instrumentos. Todo esto durante el mismo tiempo entre una reunión y otra, y no esperar hasta la junta para entregar sus aportes.

El perfil de cada trabajador se puede enriquecer con la batería de capacitación. Sin embargo, los cursos se establecen anualmente por lo que la planeación debe hacerse de manera anticipada. Se generó conciencia, en los jefes de Departamento, para que el personal cuente con cursos para desarrollar sus habilidades cognitivas de especialidad y humanas; como liderazgo e inteligencia emocional.

Con la estrategia, se modificaron las fases del proceso de diseño, se incorporaron etapas de acuerdo a las acciones principales planteadas en la estrategia. En la tabla 5-1, se muestra un comparativo de los procesos, resaltando que el proceso con la estrategia cuenta con más etapas que ayudan a que el trabajo sea distribuido y participativo por las áreas involucradas.

La estrategia planteada cumplió con la expectativa de generar una mejora en el proceso del diseño de instrumentación. El proceso se realizó minimizando los recursos tanto físicos como humanos, colocando a las personas idóneas para cada puesto. Las mejoras detectadas se enuncian a continuación:



- Conocimiento claro y preciso de los objetivos, responsabilidades y alcances de cada persona para completar el proyecto.
- Colocación del personal en donde mejor se desempeñe de acuerdo a sus aptitudes.
- Mayor sinergia entre las áreas evitando re-trabajos.
- Entrega de trabajos a tiempo.
- Distribución del conocimiento para todos los integrantes del proyecto.

	Proceso Original	Proceso con Estrategia
Establecimiento de objetivos	✓	✓
Designación de jefe de proyecto y disciplina a través de su experiencia y cualidades	✗	✓
Selección de disciplinas	✗	✓
Conjunción de equipos de trabajo	✓	✓
Base de datos actualizada	✗	✓
Conjunción de trabajos	✓	✓
Retroalimentación de conocimiento	✗	✓
Seguimiento del proyecto	✗	✓
Sinergia entre disciplinas	✗	✓
Difusión del conocimiento	✗	✓
Revisión de cursos de capacitación	✗	✓
Tiempo del proyecto	3 semanas ¹⁴	2 semanas

Tabla 5-1. Comparativa entre el proceso de original y el desarrollado en la estrategia

Aunque la aplicación de la estrategia desarrollada en un solo caso de éxito, no se puede generalizar a todos los proyectos, si brinda un panorama de lo que puede estar bien y lo que se debe reconsiderar o mejorar.

¹⁴ El periodo se estimó por el subgerente de acuerdo a proyectos similares.



Investigaciones futuras

En el estudio de caso se implementó la estrategia como acto seguido de la petición del cliente para realizar el servicio, por lo que cubrió todas las líneas de acción. En lo referente a la sinergia entre las áreas no hubo mayores problemas, la intercomunicación se efectuó de manera profesional y sin recelo.

La selección del jefe de proyecto no fue tan amplia debido a que los proyectos de instrumentación son muy especializados y están más enfocados a conocimiento cognitivo y a la experiencia de los proyectos previos. Se podría proponer un planteamiento al área de capacitación para analizar el tipo de cursos con los que deben contar el personal en todos los niveles y en los aspectos de conocimientos especializados y también de habilidades directivas, que ayudarán a entender y reaccionar de una mejor manera con todos los compañeros.

Otro aspecto a estudiar es el relacionado a la visualización del seguimiento de cada proyecto. Con el apoyo del área de informática se podrían generar mejoras en la visualización web como la base de datos de todos los trabajadores y creación de cuentas personalizadas para el otorgamiento de permisos para visualizar o modificar. Para conocer cuándo se ha completado un trabajo de un área o cuándo esté próxima una reunión, se podría desarrollar una app que envíe mensajes de avisos o alarmas directamente al celular de los integrantes de cada proyecto y poder tener la información de una manera dinámica y oportuna.

En la estrategia no se mencionó un indicador de rendimiento de los trabajadores, esto debido a que la mayoría operativa es sindicalizada o de confianza. La base sindicalizada no quiere ser evaluada de acuerdo a su desempeño grupal para obtener promociones, sino que se hace mediante la apreciación tanto de sus jefes como del mismo sindicato. Para generar mayor transparencia para otorgar dichas promociones, se podría diseñar un mecanismo que evalúe en distintos aspectos a cada trabajador, no solo con el avance en los proyectos, sino en aspectos de relación y generación de conocimiento general.

La estrategia contempla la aplicación a largo plazo, donde la mejora de un proceso pueda reproducirse en el siguiente y así sucesivamente.





Conclusiones generales

Para minimizar los riesgos de falla en las estructuras, tanto hechas por el hombre como las naturales, se debe monitorear su comportamiento a través de sensores que aporten información para poder analizar, ya sea su movimiento instantáneo o tendencial y poder tomar decisiones que protejan la integridad de las personas y de la infraestructura cercana.

Para este tipo de análisis existe el área de Seguridad de Estructuras de la CFE, en la que se realizan proyectos de instrumentación y análisis orientados a la seguridad. La CFE se encuentra en una etapa de cambio para ser una empresa productiva del estado, en condiciones de competencia con la industria particular en los aspectos de generación y proyectos energéticos.

Para poder ser competitivo los proyectos se deben de realizar de manera efectiva, eficaz y eficiente, estética y éticamente para reducir pérdidas de tiempo y esfuerzo que impactan en el costo de cada proyecto.

Los proyectos de instrumentación son procesos regularmente secuenciales. Cada actividad da pauta a la siguiente y sucesivamente hasta fusionar los esfuerzos en un entregable.

El enfoque de sistemas fue utilizado para entender al proceso de manera holística, es decir, que el resultado del proyecto de instrumentación es más que la suma de las actividades de cada área participante, y tiene que ver con la interacción que tienen estas áreas para completar su trabajo.

Para que la formulación de la problemática no fuera unilateral, se ocupó la técnica TGN que involucra a los participantes tanto técnicos como administrativos.

Con la problemática establecida, el siguiente paso fue plantear una estrategia orientada a la mejora del proceso de realizar un proyecto de instrumentación. Para fundamentarla se desarrolló otra técnica heurística, la cual fue Delphi. La selección del panel de expertos fue a través del organigrama de la empresa y del personal directamente relacionado e independientemente de la experiencia con la que contaban en el caso de estudio, se complementó con el coeficiente de competencia experta.

Para que la estrategia estuviera consolidada se utilizaron herramientas del enfoque de sistemas que brindan un soporte metodológico en el planteamiento de las líneas de acción.

La estrategia está dirigida a minimizar los tiempos de más que se generan al realizar re-trabajos por la falta de comunicación de las áreas, aumentar la sinergia, selección del personal adecuado para desempeñar una función específica ya sea por sus conocimientos cognitivos o emocionales. El resultado de cada etapa o de cada trabajo realizado se debe de difundir al resto del equipo de trabajo, para eso se contempló la plataforma web, a la cual dentro de cualquier instalación de la empresa se podría tener acceso mediante un usuario y contraseña.

Si bien un estudio de caso o de casos no garantiza que la estrategia sea infalible o única para mejorar el proceso, sí se implementó para conocer si es viable su utilización y contemplarla para ser parte del catálogo de procesos.

La implementación fue realizada en un proyecto en el que se contará con las fases iniciales, es decir, desde la concepción del mismo y que resaltarán los aspectos positivos y negativos.



El estudio de caso correspondió a un proyecto interno que requería la intervención de tres áreas de seguridad de estructuras. El proyecto se llevó sin ningún contratiempo, logrando que los involucrados tuvieran una mayor claridad de la que se esperaba de ellos y mayor alcance de sus trabajos.

Se percibió una mejora al seleccionar al jefe de proyecto mediante un análisis de sus cualidades exponiendo pros y contras de cada candidato y externando las áreas de oportunidad de cada integrante del proyecto para que sea fortalecido y tomado en cuenta por el área de capacitación. También se mejoró la sinergia, ya que la comunicación fue más directa y sin atrasos, ya que se sabía antes de cada reunión lo que se había desarrollado en otra área y así completar el trabajo. El alcance de este proyecto solo contemplaba el diseño, por lo que contaba con partida presupuestal para gastos por área. Los indicadores solo fueron por avance de proyecto en general y en particular para cada área de acuerdo a las reuniones y acuerdos.

La difusión mediante página web ayudó a compartir la información y actualizándola de manera remota y automática. Con apoyo del área de informática se pudo generar una interface para plataformas de celulares, ya sea Android o iOS.

Un aspecto importante para seguir con el mejoramiento del proceso, es la relación sindicato-empresa, esto para establecer indicadores de desempeño para cada integrante de la empresa y particularmente del área de seguridad de estructuras, que favorezca la transparencia y ayude a motivar a cada trabajador a dar el máximo y coincidir con los objetivos generales de la CFE.



Referencias bibliográficas

Básica

1. Ackoff, Russell. (2015). *El arte de Resolver Problemas*. México, Editorial Limusa.
2. Ackoff, Russell. (2015). *El paradigma de Ackoff. Una administración Sistémica*. México: Editorial Limusa Wiley
3. Acosta Flores, José Jesús. (2002). *Ingeniería de sistemas: Un Enfoque interdisciplinario*. México: Alfaomega.
4. Alpizar, Alicia. *Monitoreo de deslizamientos mediante sistemas de auscultación geotécnica*. Costa Rica: Seminario de reparación y restauración de taludes.
5. Bertalanffy, Ludwig Von. (2015) *Teoría de los Sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica
6. Carrión Moroto, Juan (2015). *Estrategia. De la visión a la acción*. México: Alfaomega
7. CONAGUA. (2012). *Manual de Mecánica de Suelos. Instrumentación y Monitoreo del comportamiento de obras Hidráulicas*. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales
8. CONAGUA. (2012). *Manual de Mecánica de Suelos. Instrumentación y Monitoreo Sísmico del comportamiento de Obras Hidráulicas*. México: Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales.
9. Creus, Antonio. (2011). *Instrumentación Industrial*. México: Alfaomega
10. García, Fernando. (2008). *El Cuestionario*. México: Limusa
11. Gelman, Ovsei. (1996). *Desastres y Protección Civil. Fundamentos de Investigación Interdisciplinaria*. México: UNAM
12. Sánchez Guerrero, Gabriel. (2016). *Técnicas Heurísticas Participativas para la Planeación*. México: Plaza y Valdés.
13. Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica. (2010). *Reunión Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica*. México.
14. Wiener, Norbert. (1958). *Cibernética y sociedad*. Argentina: Editorial Sudamericana

Complementaria

1. Bravo y Arrieta. *El método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas*. Revista Iberoamericana de Educación.
2. Híjar Fernández, Guillermo. (2011). *Planeación Estratégica- La Visión Prospectiva*. México: Editorial Limusa.
3. Johansen, Oscar. (2009). *Introducción a la teoría general de sistemas*. México: Editorial Limusa
4. Linstone y Turoff. (2002). *The Delphi method. Techniques and Applications*.
5. Mallo y Artola (2003). *Aplicación del método Delphi a las decisiones financieras en situaciones de incertidumbre*. Universidad de Mar del Plata.
6. Miklos Tomás, Tello Elena. (2007). *Planeación Prospectiva*. México: Editorial Limusa.
7. Pozo, Gutiérrez y Rodríguez. (2007). *El uso del método Delphi en la definición de los criterios para una formación de calidad en animación sociocultural y tiempo libre*. Revista de investigación Educativa, volumen 25, número 2, paginas 351-366
8. Rodríguez Valencia, Joaquín. (2003). *Introducción a la administración con enfoque de sistemas*. México: Thomson.
9. Rosas, Sánchez y Chávez. (2012). *La técnica Delphi y el análisis de la capacidad institucional de gobiernos locales que atienden el cambio climático*. Política y Cultura, número 38 paginas 165-194
10. Valera, Díaz y García. (2012). *Descripción y usos del método Delphi en investigaciones del área de la salud*. México: Investigación en Educación Médica.



Tesis

1. Reyes Morales, Yamilet. (2015). *Método para evaluar proyectos de electrificación rural en México con Aprovechamiento de energías renovables*. Tesis de maestría. UNAM. México
2. Salazar. (2015). *Una estrategia para mejorar la administración de los inventarios de diésel de las centrales termoeléctricas: Un estudio de Caso*. Tesis de maestría. UNAM. México.
3. Reyes Villar, Daniel. (2016). *De la planeación a la ejecución: Problemática y estrategias de solución*. Tesis de maestría. UNAM. México.

Mesografía

1. http://historiaybiografias.com/historia_viviendas/
2. http://www.cfe.gob.mx/ConoceCFE/11_Otrasactividades/Paginas/Estudios-de-ingenieria-civil-y-ciencias-de-la-tierra.aspx
3. <http://www.cfe.gob.mx/paginas/Home.aspx>
4. <http://www.cfe.gob.mx/paginas/home.aspx>
5. <http://www.construmatica.com/s/construccion>
6. <http://www.geokon.com/>
7. <http://www.kinematics.com/p-163-Home.aspx/>
8. <http://www.rstinstruments.com/>
9. <http://www.sisgeo.com/es/>
10. <http://www.slopeindicator.com/>
11. <https://www.campbellsci.com>



Glosario

Asentamiento. - Descenso que experimenta un edificio o estructura a medida que se consolida el terreno situado bajo el mismo.¹⁵

Bufamiento. - Efecto de recuperación de un terreno que se advierte por la expansión del mismo, al ser modificada la condición de carga o de humedad a la que originalmente se encontraba sujeto.

CFE. - Comisión Federal de Electricidad.

Estiaje. - Nivel más bajo de un caudal, regularmente asociado a la época de calor.

Grietas. - Todas aquellas aberturas incontroladas de un elemento superficial que afectan a todo su espeso.

KPI. – Es un indicador clave de rendimiento, utilizado para medir y cuantificar factores claves en un proceso o estrategia.

NAME. - Nivel de agua máximo de excedencias.

NAMO. - Nivel de agua máximo de operación.

RAND. - Research ANd Development

Stakeholder. - El término agrupa a trabajadores, organizaciones sociales, accionistas y proveedores, entre muchos otros actores clave que se ven afectados por las decisiones de una empresa.¹⁶

¹⁵ www.parro.com.ar/definicion-de-asentamiento

¹⁶ <https://www.guioteca.com/rse/que-son-los-stakeholders/>



Anexos

Anexo A. Código de programa de Coeficiente de Competencia Experta

El programa se realizó con el software Visual Studio 2015 y cuenta con un ejecutable para ser instalado en un sistema operativo Windows. En la figura 0-1 se muestra el proceso de instalación:

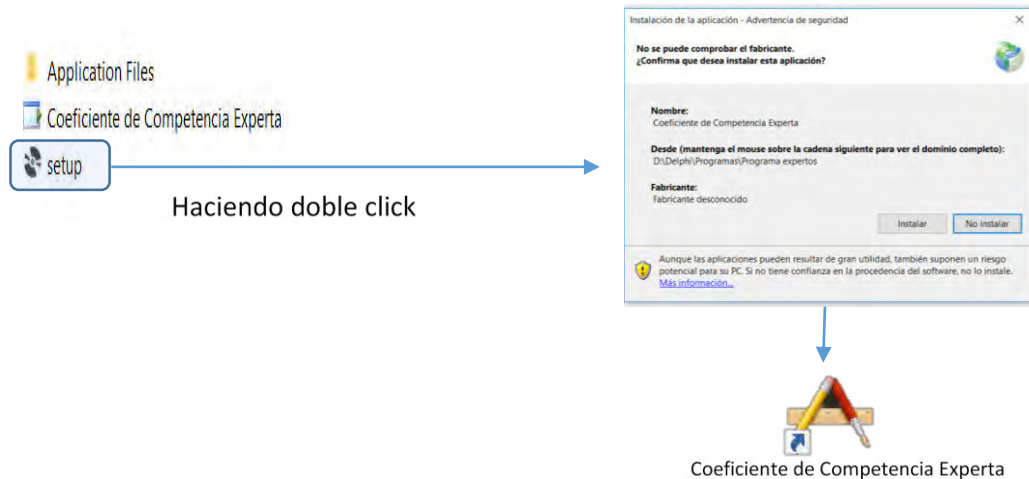


Figura 0-1. Instalación de programa
Fuente: Elaboración propia

Al ejecutarse el programa se inicia una ventana, donde podrá personalizar las respuestas del experto con su nombre. Cuenta con una pestaña que describe el método empleado, como lo muestra la figura 0-2.

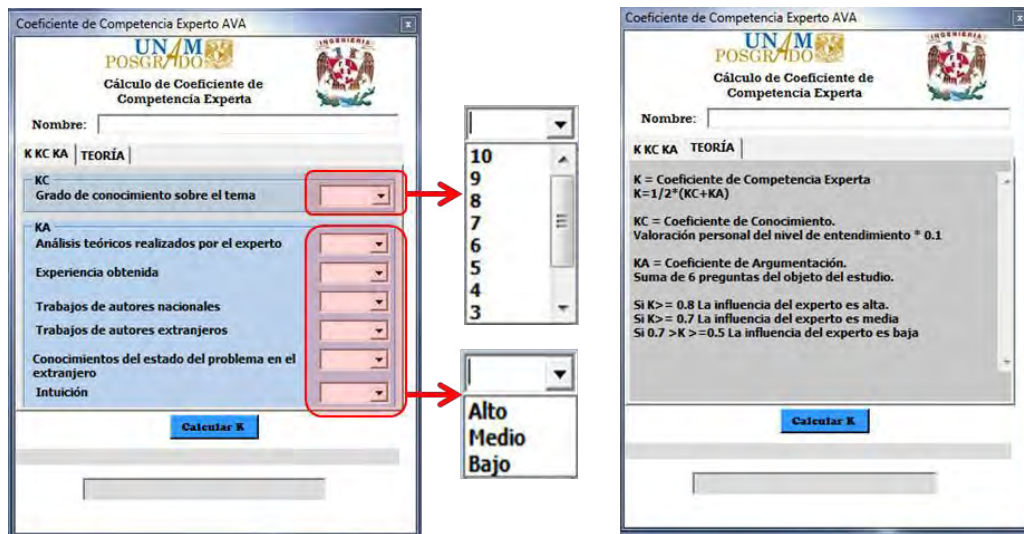


Figura 0-2. Descripción de funciones del programa
Fuente: Elaboración propia.

Si el coeficiente es mayor a 0.8 el experto es de gran influencia y se muestra una palomita en señal de aprobación. Si el indicador es mayor que 0.7 y menor a 0.8 su influencia es media; y si es menor que 0.7 la influencia es baja y no se considera un experto. En la figura 0-3 se muestran las opciones posibles.



Figura 0-3. Opciones de validación de expertos
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra el código utilizado:

```
Public Class Form1
    Dim Var1 As Object
    Dim Var2 As Object
    Dim Var3 As Object
    Dim Var4 As Object
    Dim Var5 As Object
    Dim Var6 As Object
    Dim Var7 As Object
    Dim K1 As Object
    Dim KC1 As Object
    Dim KA1 As Object
    Dim Varn As Object

    Private Sub Button1_Click(sender As Object, e As EventArgs) Handles Button1.Click
        Varn = 2
        Me.PictureBox3.Image = Nothing

        Var7 = ComboBox7.SelectedItem
        KC1 = ComboBox7.SelectedItem * 0.1

        If ComboBox1.SelectedItem = "Alto" Then
            Var1 = 0.3
        End If
    End Sub
End Class
```




```
If ComboBox1.SelectedItem = "Medio" Then
    Var1 = 0.2
End If
If ComboBox1.SelectedItem = "Bajo" Then
    Var1 = 0.1
End If
If ComboBox2.SelectedItem = "Alto" Then
    Var2 = 0.5
End If
If ComboBox2.SelectedItem = "Medio" Then
    Var2 = 0.4
End If
If ComboBox2.SelectedItem = "Bajo" Then
    Var2 = 0.2
End If
If ComboBox3.SelectedItem = "Alto" Then
    Var3 = 0.05
End If
If ComboBox3.SelectedItem = "Medio" Then
    Var3 = 0.05
End If
If ComboBox3.SelectedItem = "Bajo" Then
    Var3 = 0.05
End If
If ComboBox4.SelectedItem = "Alto" Then
    Var4 = 0.05
End If
If ComboBox4.SelectedItem = "Medio" Then
    Var4 = 0.05
End If
If ComboBox4.SelectedItem = "Bajo" Then
    Var4 = 0.05
End If
If ComboBox5.SelectedItem = "Alto" Then
    Var5 = 0.05
End If
If ComboBox5.SelectedItem = "Medio" Then
    Var5 = 0.05
End If
If ComboBox5.SelectedItem = "Bajo" Then
    Var5 = 0.05
End If
If ComboBox6.SelectedItem = "Alto" Then
    Var6 = 0.05
End If
If ComboBox6.SelectedItem = "Medio" Then
    Var6 = 0.05
End If
If ComboBox6.SelectedItem = "Bajo" Then
    Var6 = 0.05
End If
KA1 = (Var1 + Var2 + Var3 + Var4 + Var5 + Var6)
K1 = (KC1 + KA1) / 2

If K1 > 0 Then
    TextBox3.Text = TextBox1.Text
    TextBox4.Text = "tiene un coeficiente K de"
    TextBox5.Text = K1
End If
If K1 < 0.7 Then
```



```
        TextBox2.Text = "No se considera un Experto"  
        Me.PictureBox3.Image = My.Resources.tache1  
    End If  
    If K1 >= 0.7 Then  
        TextBox2.Text = "Se considera un medio Experto"  
        Me.PictureBox3.Image = My.Resources.masmenos  
    End If  
    If K1 >= 0.8 Then  
        TextBox2.Text = "Se considera un Experto"  
        Me.PictureBox3.Image = My.Resources.palomita1  
    End If  
  
    If ComboBox7.SelectedItem = "" Then  
        TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox5.Text = "Error"  
        Me.PictureBox3.Image = Nothing  
        Varn = 0  
    End If  
    If ComboBox1.SelectedItem = "" Then  
        TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox5.Text = "Error"  
        Me.PictureBox3.Image = Nothing  
        Varn = 0  
    End If  
    If ComboBox2.SelectedItem = "" Then  
        TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox5.Text = "Error"  
        Me.PictureBox3.Image = Nothing  
        Varn = 0  
    End If  
    If ComboBox3.SelectedItem = "" Then  
        TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox5.Text = "Error"  
        Me.PictureBox3.Image = Nothing  
        Varn = 0  
    End If  
    If ComboBox4.SelectedItem = "" Then  
        TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox5.Text = "Error"  
        Me.PictureBox3.Image = Nothing  
        Varn = 0  
    End If  
    If ComboBox5.SelectedItem = "" Then  
        TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"  
        TextBox5.Text = "Error"  
        Me.PictureBox3.Image = Nothing  
        Varn = 0  
    End If
```



```
If ComboBox6.SelectedItem = "" Then
    TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"
    TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"
    TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"
    TextBox5.Text = "Error"
    Me.PictureBox3.Image = Nothing
    Varn = 0
End If
If TextBox1.Text = "" Then
    TextBox2.Text = "Error, Faltan Datos"
    TextBox3.Text = "Error, Faltan Datos"
    TextBox4.Text = "Error, Faltan Datos"
    TextBox5.Text = "Error"
    Me.PictureBox3.Image = Nothing
    Varn = 0
End If

If Varn = 0 Then
    MsgBox("Faltan Datos por llenar", vbCritical)
End If

End Sub

Private Sub GroupBox1_Enter(sender As Object, e As EventArgs) Handles GroupBox1.Enter

End Sub
End Class
```



Anexo B. Análisis de cuestionarios de la técnica Delphi

Formato del primer cuestionario entregado a los expertos en forma directa en documento impreso.

El presente cuestionario es en relación al tema "Estrategia para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación en la seguridad de estructuras". A través de los aportes, de la consulta a un panel de expertos del área de instrumentación, se obtendrán los lineamientos para el desarrollo de una estrategia.

Instrucciones: El encuestado deberá leer las 10 preguntas y contestar de acuerdo a su conocimiento y experiencia la opción que considere adecuada.

Las respuestas tienen carácter de confiabilidad. A manera de retroalimentación, se notificará el resultado del análisis para el seguimiento de un segundo cuestionario.

- ¿Se establecen los objetivos de cada proyecto durante la etapa previa la diseño?
 Siempre Casi siempre Nunca
- Las reuniones de diseño de proyectos ¿cumplen con los objetivos planteados?
 Siempre Casi siempre Nunca
- La información previa a una reunión, ¿es de acuerdo a la disciplina?
 Siempre Casi siempre Nunca
- ¿Se establece seguimiento de acuerdos?
 Siempre Casi siempre Nunca
- El estudio de mercado ¿es realizado por un área establecida?
 Siempre Casi siempre Nunca
- ¿Se cuenta con una base de datos donde se encuentren los proveedores de equipo o insumos más frecuentes?
 Siempre Casi siempre Nunca
- La estructura de los proyectos ¿es la misma para todos los tipos de instrumentación?
 Siempre Casi siempre Nunca
- Los acuerdos de las reuniones, ¿son transmitidos a los especialistas?
 Siempre Casi siempre Nunca
- En cada proyecto, ¿se firma cláusulas de confiabilidad?
 Siempre Casi siempre Nunca
- ¿Se cuenta protegido bajo derechos de autor cada proyecto de diseño de instrumentación?
 Siempre Casi siempre Nunca

¡¡¡Gracias por su tiempo y participación!!!

Cuestionario 1 Número de Experto _____

Figura 0-4. Primer cuestionario del método Delphi
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS APLICADOS A LOS EXPERTOS

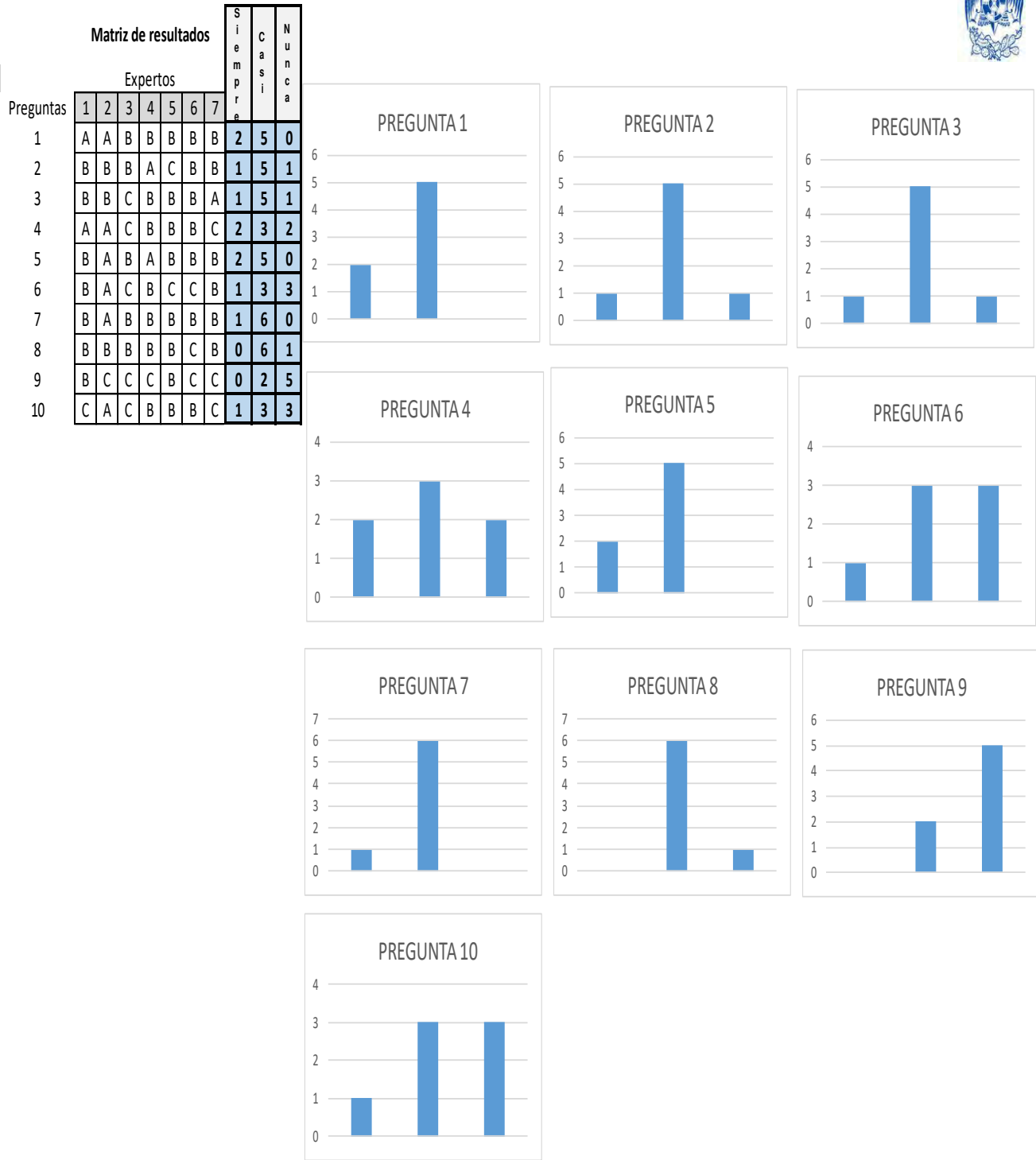


Figura 0-5. Respuestas del primer cuestionario
Fuente: Elaboración propia.



Formato del segundo cuestionario entregado a los expertos en forma directa en documento impreso.

El presente cuestionario es en seguimiento al tema "Estrategia para mejorar el diseño de proyectos de instrumentación en la seguridad de estructuras". A través de la retroalimentación y aporte de expertos del área de instrumentación, se obtendrán los lineamientos para el desarrollo de una estrategia.

Instrucciones: El encuestado deberá leer las 10 preguntas y contestar de acuerdo a su conocimiento y experiencia la opción que considere adecuada.

Las respuestas tienen carácter de confiabilidad. El resultado del análisis global será mostrado a cada integrante del panel de expertos.

1. Los proveedores de instrumentos ¿cambian constantemente?
 Siempre Algunas veces Nunca
2. Contar con una base de datos ¿favorecería la investigación de mercado?
 Sí Tal vez No
3. Los integrantes de cada área ¿cumplen con el perfil para cada proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca
4. ¿El jefe de proyecto es designado por su aptitudes y cualidades?
 Siempre Algunas veces Nunca
5. ¿Se cuenta con el seguimiento de cursos de actualización de conocimientos por parte de los representantes de cada área?
 Siempre Algunas veces Nunca
6. El seguimiento de proyectos ¿se puede ver por todos los integrantes del proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca
7. ¿Cada integrante conoce los alcances y responsabilidades de su trabajo?
 Siempre Casi siempre Nunca
8. ¿La intercomunicación con las áreas se realiza solamente en las reuniones?
 Siempre Algunas veces Nunca
9. El seguimiento de los proyectos ¿en qué formato debe realizarse?
 web Minuta escrita Correo
10. En cada proyecto, ¿se aplican indicadores de desempeño para cada integrante del proyecto?
 Siempre Algunas veces Nunca

!!!Gracias por su tiempo y participación!!!

Questionario 2 Número de Experto _____

Figura 0-6. Segundo cuestionario del método Delphi
Fuente: Elaboración propia.

RESULTADOS DE LOS CUESTIONARIOS APLICADOS A LOS EXPERTOS

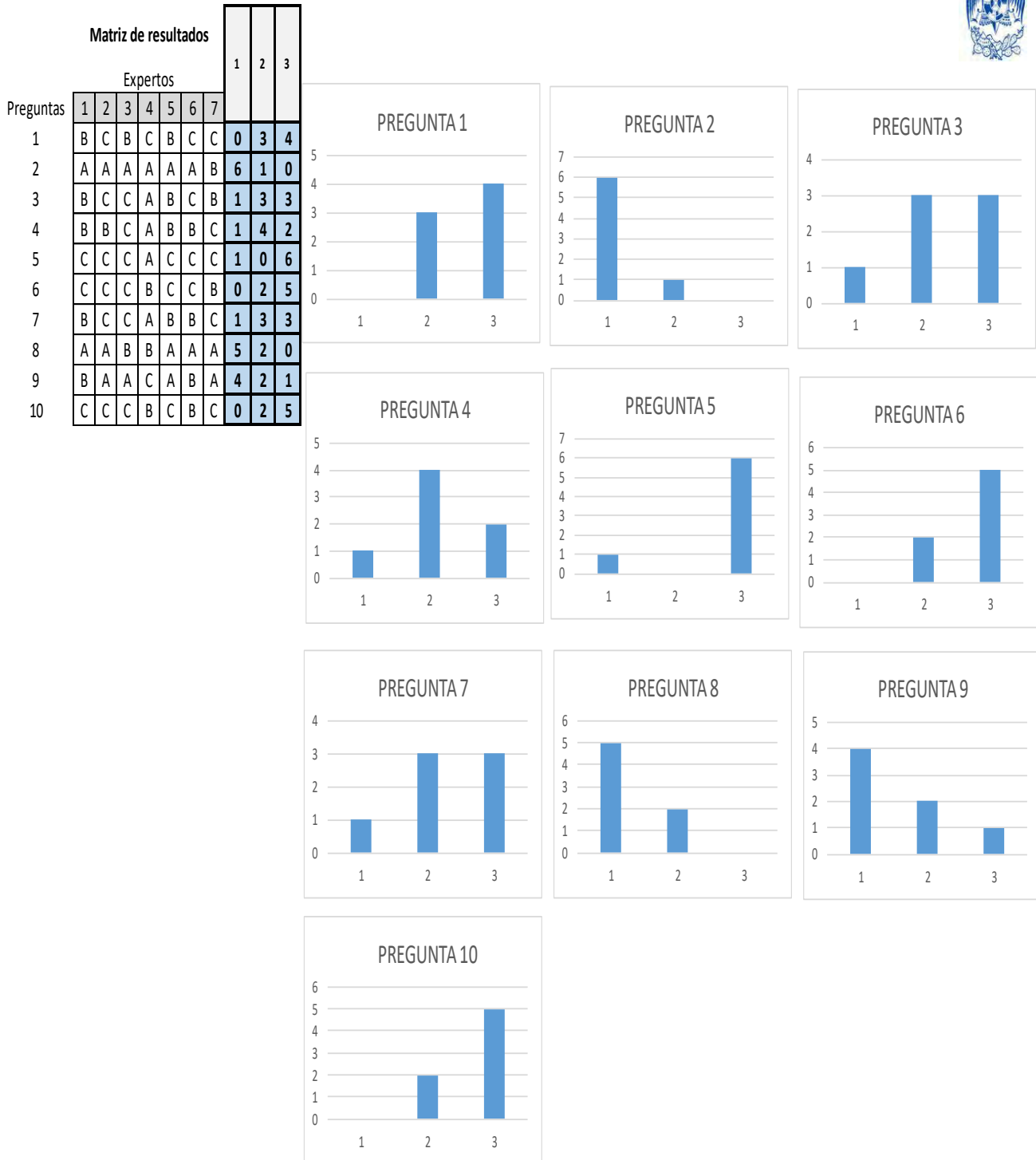


Figura 0-7. Respuestas del segundo cuestionario
Fuente: Elaboración propia.