

Modelo para la gestión del riesgo geológico en los procesos constructivos y de infraestructura

INTRODUCCIÓN

Los geólogos aplican los principios geológicos a la investigación de los materiales naturales -tierra, roca, agua superficial y agua subterránea- implicados en el diseño, la construcción y la explotación de proyectos de ingeniería civil.

Dentro de los estudios realizados por los geólogos aplicados a la Ingeniería Civil, se encuentran los de las propiedades físico - mecánicas de los suelos, y la rama de la geología que se encarga de estas cuestiones es la Geotecnia. Los ensayos geotécnicos son realizados en aquellas áreas o terrenos específicos donde se va a ejecutar una determinada inversión constructiva o de infraestructura; estos tienen una importancia relevante, ya que una parte importante de las labores del constructor consiste en dominar el terreno para adaptarlo a sus fines, o sea dominar las propiedades de los suelos para con ello resolver los problemas estructurales que se presentan en las labores constructivas.

Sin embargo, con el resultado de los estudios geotécnicos no es suficiente para garantizar la seguridad de una obra ante fenómenos naturales o tecnológicos que se presenten. También es necesario el estudio e interpretación de los procesos geodinámicos que ocurren en el medio ambiente geológico que circunda la futura inversión, e incluso muchas veces ir más lejos en materia de distancia, para interpretar las consecuencias de estos procesos en áreas más lejanas que influyen con fuerza en la zona seleccionada para la obra en cuestión, y que constituyen una amenaza para la obra a construir.

Por otro lado, por las situaciones económicas o de equipamiento propias de la actualidad cubana, muchos de los resultados plasmados en los Informes de Ingeniería Geológica, elaborados para múltiples proyectos, son

Resumen / Abstract

La gestión de riesgo geológico es un proceso que requiere seguir las tendencias de los nuevos modelos de innovación tecnológica. Hoy día se hace necesario elaborar un modelo específico para la gestión del riesgo geológico, que se adecue a las peculiaridades del desarrollo actual de los sistemas constructivos y de infraestructura y permita el uso de las herramientas actuales como los SIG, matrices, análisis costo beneficio, y otros, para la organización y el control de la gestión del conocimiento y calidad final de las obras ejecutadas. Modelar con la gestión por procesos podría ser una forma alternativa ante esta disyuntiva, proponiendo en esta ocasión una variante para gestionar desde esta perspectiva la gestión de riesgo geológico en los procesos constructivos y de infraestructura.

Palabras clave: Infraestructura, riesgo geológico, modelación, geología

The geologic risk management is a process which requires to be updated about recent models of technological innovation. It is today necessary to build a specific model for geologic risk management which includes the characteristics of civil construction systems and allows the direct use of tools like GIS, matrices, cost-benefit analysis, etc., oriented to organize and control the knowledge management and termination quality of executed constructions. Modeling with process management could be an interesting alternative with such objective, therefore, this work introduces an option for modeling geologic risk management in the construction and infrastructure processes using the process management methodology.

Key words: Infrastructure, geologic risk, modelling, geology.

el producto de la homologación de mediciones realizadas en zonas aledañas (muchas datan de la década del 80 del siglo pasado) a las futuras construcciones, impidiendo muchas veces la exactitud de los datos^a, cuestión que incrementa la vulnerabilidad.

Una cuestión relacionada con la amenaza que constituyen los eventos geológicos primarios y secundarios, y la vulnerabilidad de determinadas zonas, construcciones e infraestructura de sufrir las consecuencias de estos es el riesgo geológico. Los riesgos geológicos son aquellos procesos, eventos o situaciones que tienen lugar en el medio geológico y que pueden producir daños o perjuicios a aquellas comunidades o infraestructuras que estén ocupando zonas vulnerables de un territorio. También entendidos como todo proceso, situación o suceso en el medio geológico, natural, inducida o mixta, que puede generar un daño económico o social para alguna comunidad, y en cuya predicción, prevención o corrección han de emplearse criterios geológicos (Ayala, 1992).

En este sentido existe una relativamente nueva terminología que impulsa el estudio, interpretación, análisis, evaluación y administración de determinados riesgos. A este proceso se le suele llamar gestión. La gestión de riesgos geológicos debe verse desde el punto de vista que como proceso, requiere seguir las tendencias actuales del mundo, referidas estas a los distintos modelos de innovación tecnológica que han surgido. Un modelo es el resultado del proceso de generar una representación abstracta, conceptual, gráfica o visual de fenómenos, sistemas o procesos a fin de analizar, describir, explicar y simular esos fenómenos o procesos. Considerando que la creación de un modelo es una parte esencial de toda actividad científica^b.

Hoy los sistemas o modelos de innovación tecnológica son cada vez más complejos; los miembros del GEST^c en Cuba plantean que la asimilación de nuevas tecnologías no es un proceso pasivo, ni se logra solamente entrenando al personal técnico y a los operadores en otros países como muchas veces ocurre. Ellos necesitan de una cultura alrededor de estas tecnologías, de toda una cultura local, en que la preparación del personal se base en el conocimiento y el dominio, en profundidad, de las leyes y principios básicos que la rigen. Esto permite no solo operarlas con eficiencia, sino enfrentar situaciones nuevas e inesperadas, realizar adaptaciones necesarias y desarrollar creadoramente innovaciones incrementadas sobre la misma.

En nuestro caso y a manera de enfocar el análisis, se considera la gestión del riesgo geológico, desde la perspectiva de las necesidades que presenta la labor constructiva actual en lo referente a este tema. Asumiendo además como algo inminente la necesidad latente de in-

crementar la seguridad y calidad de las inversiones ante posibles fenómenos geológicos desastrosos.

Como resultado de la investigación realizada, tanto en el sentido teórico al indagar en la literatura especializada sobre los elementos conceptuales y modélicos de la gestión del conocimiento, como en el sentido práctico con el diagnóstico de la expresión del conocimiento de las amenazas, la vulnerabilidad y el riesgo; se llegó a la conclusión de que es necesario elaborar un modelo específico para el desarrollo de la gestión del riesgo geológico, que se adecue a las peculiaridades de los sistemas constructivos y de infraestructura, y propicie el uso de las herramientas actuales de evaluación: SIG, Matrices, Análisis Costo Beneficio, etc.

Una mirada loable y efectiva podría realizarse desde los modelos de gestión de calidad probados y certificados en el Orbe, los cuales surgen precisamente por necesidades del mundo empresarial, y que son relativas a la homologación e incrementos de parámetros de calidad en procesos productivos. Muchos de estos modelos aparecen bien descritos en las normas ISO^d, cuestión que facilita su acceso, interpretación y adaptación.

Por otro lado, asumiendo el hecho de lo necesario que resulta la planeación del uso de los suelos, la necesidad para el caso de las nuevas inversiones constructivas, de incrementar su seguridad y calidad final para poder enfrentar los fenómenos geodinámicos que se presentan, y que la gestión del riesgo geológico constituye un proceso en sí mismo. Es posible entonces insertar esta gestión en el modelo establecido en la norma ISO 9001/2000, referido a la gestión por procesos.

DESARROLLO

El modelo de gestión del conocimiento propuesto en esta contribución parte del reconocimiento de la necesidad de mejorar la gestión que se realiza de los riesgos ante desastres en las instituciones que intervienen de una forma u otra en el proceso constructivo y de infraestructura. Se centra en la gestión de información para obtener y ordenar el conocimiento organizacional y aplicar un modelo de gestión que permita mejorar la calidad final de las obras constructivas y de infraestructura aplicando eficientemente los principios geológicos. Para ello se describen los pasos o acciones en los subprocesos que lo conforman: diagnóstico, diseño, implementación y evaluación.

Esta modelación no está en contradicción con los deseos y objetivos perseguidos en Cuba por las regulaciones vigentes, el problema radica en que de acuerdo a los análisis realizados, no existe un modelo tecnológico único que cumpla con los requerimientos necesarios que

permitan homologar y unificar criterios de calidad en lo que a la gestión del riesgo geológico se refiere y que siga patrones internacionales de normalización para estas cuestiones desde que se concibe el proyecto hasta su conclusión.

dimientos diversos, como el benchmarking, la reingeniería, la matriz DAFO, entre otros.

El modelo resultante de nuestra investigación deberá seguir los pasos planteados en una metodología general concebida para las diferentes etapas de ejecución de los



Fig.1 Requisitos de la norma ISO 9001/2000

Proposición del modelo

La proposición del modelo se sustenta en diferentes aspectos que se deben cumplir, entre estos se encuentran:

- El proceso inversionista y las etapas de proyectos.
- Las regulaciones jurídicas actuales en materia de gestión de riesgos ante desastres.
- La gestión por procesos.
- La realidad de las empresas constructoras.

La adaptación de la metodología de gestión por procesos que se propone, es funcional y a la misma vez es una representación de lo que podría ser una forma alternativa e incluyente de la gestión del conocimiento, que atiende, tanto a la organización como a su entorno. Su objetivo es mostrar la funcionalidad de las etapas o indicadores analizados en los procesos de diagnóstico, diseño, implementación y evaluación que pueden desarrollarse para expresar y evaluar la gestión organizacional del riesgo geológico.

Las tareas a desarrollar en cada acción de los procesos estarán sujetas a las condiciones que se creen en cada organización y pueden emplearse técnicas y proce-

proyectos, adicionándole a estas la concebida por Deming, o sea la mejora continua. De manera que esta metodología prevé cuatro etapas de gestión de riesgo geológico, para las cuales y a tenor de lo deducido de la revisión bibliográfica, se describe a continuación cuáles son las acciones fundamentales que se deben realizar.

Tabla 1. Componentes generales del modelo

Procesos	Acciones
Diagnóstico	- Análisis de la situación actual. - Establecer definiciones prácticas. - Establecer posición estratégica actual. - Análisis de recursos. - Análisis de requerimientos.
Diseño	- Desarrollo de la estrategia de conocimiento. - Definición de meta estratégica. - Diseño de arquitectura de conocimiento. - Creación del clima organizacional.
Implementación	- Ejecución de los planes desarrollados. - Revisión de la estrategia.
Evaluación	- Aplicación de mediciones. - Interpretación de resultados.

- 1- Etapa de Anteproyecto (Procesos de diagnóstico y diseño)
- 2- Durante la ejecución del proyecto. (Parte inicial de la implementación)
- 3- Etapa de finalización del proyecto. (Parte final de la implementación)
- 4- Proceso de mejora continua. (Proceso de evaluación)

1. Etapa de Anteproyecto:

En esta etapa las empresas e instituciones conciben las ideas fundamentales del proyecto, realizan diagnósticos, diseños, solicitud de autorizaciones, permisos, contratos, revisión bibliográfica, etc. A los efectos del modelo proceden dos de sus componentes:

Proceso de diagnóstico

El objetivo del proceso de diagnóstico es determinar los recursos corporativos que expresan el conocimiento de la organización y su utilización para proponer proyectos que permitan la representación del conocimiento organizacional, su aprovechamiento y uso en el mejoramiento cualitativo de la organización. Las acciones que incluye este proceso son las siguientes:

- Análisis de la situación actual:
 - : El diagnóstico se realiza para conocer la situación actual; el resultado de la realización de este proceso es el que orientará los planes de acción dentro del desarrollo estratégico de la organización.
 - Establecer definiciones prácticas: Es necesario establecer una definición práctica de aquello que cada organización entiende por conocimiento. Para una entidad, pueden ser «patentes», en otras, «capacidades» o también, «experiencia». En nuestro objeto de análisis, se establece que el conocimiento se refleja en documentos, metodologías, procedimientos, informes, etcétera.
 - Establecer la posición estratégica actual: Significa identificar el nivel de acceso o las barreras del conocimiento. Este análisis se establece entre las siguientes categorías: especiales, temporales y sociales. Es decir, dónde residen (entidades), cuál es el marco de tiempo aplicable -memoria organizacional, intercambio de conocimiento, entre otros-, y cuál es el orden jerárquico, funcional y cultural en que se contextualiza, aquello que dificulta o favorece el intercambio de los conocimientos.
- Análisis de recursos: Busca identificar las categorías de conocimiento que existen, requiere determinar las fuentes internas y externas, como la investigación y desarrollo, la relación con otras entidades, las fuentes que existen o se utilizan en la organización, sus relaciones, el nivel en que se encuentra actualmente y el nivel que se desea alcanzar.
- Análisis de requerimientos: Comprende los requerimientos asociados a la implementación del proyecto, analiza la naturaleza y el entorno del proyecto, funcionalidad y planes de acción.

Proceso de diseño

El objetivo de este proceso es establecer la base lógica y técnica sobre la que se desarrollarán los diferentes proyectos del conocimiento en la organización. Incluye las siguientes acciones:

1. Desarrollo de una estrategia de conocimiento: Orientada a establecer el curso que permita a la organización ir del estado actual al estado deseado. Tiene como objetivo establecer los planes de desarrollo y la dirección de los proyectos.
2. Definición de una meta estratégica: Tiene como objetivo establecer la dirección a la que se orientan los proyectos. Para que una meta se cumpla, debe tener las siguientes características:
 - Específica: definida con claridad de modo que cualquiera pueda entenderla y saber qué se pretende lograr.
 - Medible: a partir de un diseño apropiado de los indicadores.
 - Consensuada: Esto facilita la respuesta a los cambios que pueda implicar la modificación de una meta según avance el proyecto. Este consenso se basa en compartir la información y crear compromiso alrededor del proyecto.
 - Real: Debe reflejar el alcance real en torno a cada uno de los factores que intervienen en su desarrollo.
 - Marco de tiempo: Requiere de un marco de tiempo determinado, fijar una meta razonable según los recursos, los conocimientos y la experiencia disponible.

Una vez definida la meta, se debe desglosar en objetivos, según los niveles de ejecución que se planteen. Para que los objetivos sean verificables, deben presentar explícitamente los logros y los plazos en que deben cumplirse, es decir, deben describirse en términos que permitan generar indicadores sólidos de evaluación de las implementaciones asociadas. Además, debe considerarse explícitamente el contexto que define la visión, la meta y la filosofía corporativa que representa a toda la organización.

En correspondencia con esto se realiza el diseño de una arquitectura del conocimiento: con el fin de establecer elementos como:

- Las inversiones en tecnología: determinar las necesidades orientadas a soportar los componentes del modelo.
- Los esquemas de desarrollo o integración del modelo de gestión de riesgos geológicos: establecer las directrices de desarrollo e integración de gestión del conocimiento para apoyar el proceso de gestión de riesgos geológicos.
- Los esquemas de arquitectura del modelo: organización y estructuración de los sistemas de control de calidad para soportar los componentes del modelo.
- El clima organizacional: busca apoyar estratégicamente mediante la gestión: beneficios esperados, objetivos y premisas, estrategia desarrollada y sus medidas, resultados esperados y obtenidos.

· La capacitación: preparación científico técnica del personal que intervendrá tanto en la ejecución como en los procesos de evaluación y control previstos en el modelo.

En esta etapa se proponen para la gestión específica del riesgo geológico la realización de las siguientes acciones:

- 1- Determinar el uso social de la obra.
- 2- Realizar un diagnóstico, el cual tomará en consideración los resultados investigativos más relevantes, la Información histórica disponible sobre la ocurrencia de eventos significativos en determinadas localidades con los efectos resultantes, y el análisis sobre las dificultades reales existentes para enfrentar un fenómeno natural, producido por el hombre o la combinación de estos; además de toda aquella información útil que pueda tributar a una mejor gestión del riesgo geológico (gestión de la información)
- 3- Análisis de la información aportada por los informes geológico e ingeniero geológico que permitan gestionar el riesgo geológico.
- 4- Análisis de los datos e informaciones aportados por los Sistemas de Información Geográfica.
- 5- Estudio del medio circundante, identificación de actividades fundamentales vinculadas a la indisciplina social y empresarial. (gestión del riesgo socio ambiental).
- 6- Estudio de las cuencas hidrográficas (superficiales y subterráneas), su relación con la amenaza de ocurrencia de eventos meteorológicos severos y con el entorno. Influencia en la región de estudio. (gestión del riesgo hidrogeológico).
- 7- Interpretación de la relación existente entre la ocurrencia de los distintos fenómenos naturales y antrópicos posibles a presentarse con la obra proyectada, donde se deberá llegar al conocimiento de la presencia potencial del peligro y el comportamiento de los niveles de vulnerabilidad de las zonas de inversión (sistematización de la gestión del riesgo geológico).
- 8- Elaboración del informe preliminar de gestión de riesgos geológicos que servirá de base para la toma de las decisiones necesarias para el diseño y comienzo de la ejecución del proyecto, las cuales incluyen las medidas de mitigación de riesgo geológico preliminares.
- 9- Elaborar la tarea de ingeniería geológica, contentiva de las necesidades particulares que en materia de geotecnia sean necesarias.
- 10- Evaluación preliminar de la efectividad de las medidas integrales tomadas en función de la obra diseñada, el entorno geológico y social.
- 11- Confección de las fichas del proceso, explicativas de los contenidos y tareas específicas de cada subproceso del modelo para esta etapa.

Está claro que disponer de los recursos de información en un proyecto no garantiza necesariamente la perfección

de su uso. Los mayores problemas que se relacionan directamente con la eficacia y eficiencia del uso y manejo de la información son la ausencia de su organización o su inconsistencia. En correspondencia con este razonamiento, es necesario considerar el posible establecimiento de un programa interno dentro de las instituciones o empresas ejecutoras para la elevación de la cultura de la información, cuestión que se refiere a la necesaria capacitación constante de profesionales y especialistas.

Por otro lado en esta etapa se Incluye la determinación de los elementos que caracterizan el riesgo y que están representados en la búsqueda bibliográfica realizada, así como en mapas, SIG e informes ingeniero geológicos. Se introduce como factor el uso social de la obra, por razones lógicas de determinación de influencia de la misma sobre el medio ambiente geológico, cargas dinámicas y estáticas sobre el terreno, carga contaminante, etc. Nótese que se menciona como herramienta los SIG, además puede emplearse cuanto documento o investigación anterior se posea al alcance para encarar la tarea, independientemente de las que se realicen específicamente para la inversión en plan de ejecución.

Es significativo resaltar que la lectura acerca de la vulnerabilidad y el riesgo de los geólogos, geofísicos, hidrólogos, ingenieros, planificadores, etc. puede llegar a ser muy diferente de la lectura que tienen las personas y las comunidades expuestas. Por esta razón es necesario profundizar, también, el conocimiento acerca de la percepción individual y colectiva del riesgo e investigar las características culturales, de desarrollo y de organización de las sociedades que favorecen o impiden la prevención y la mitigación; aspectos de fundamental importancia para poder encontrar medios eficientes y efectivos que logren reducir el impacto de los desastres provocados por fenómenos geológicos.

En caso de requerimientos especiales en la obra a ejecutar se deberán solicitar informes especiales de evaluación de riesgos geológicos a las instituciones especializadas en este tipo de servicios.

2. Durante el proyecto. (Parte inicial de la implementación)

Proceso de implementación

Este proceso tiene como objetivo implementar el proyecto, así como establecer sus directrices básicas. Incluye:

1. Ejecución de los planes desarrollados: Cada uno de los proyectos debe ejecutarse según el cronograma o plan establecido.
2. Revisión de la estrategia: Deben revisarse periódicamente, tanto las metas como los objetivos y planes

asociados a la estrategia.

3. Confección de las fichas del proceso, explicativas de los contenidos y tareas específicas de cada subproceso del modelo.

En función de la gestión del riesgo geológico se propone la realización de las siguientes acciones:

1- Estudio de las propiedades físico mecánicas de los suelos y su relación con las anomalías descritas con anterioridad, comportamiento de las cargas a proyectar y circundantes, análisis del perfil geológico. Analizar el informe geotécnico e ingeniero geológico. (gestión del riesgo geotécnico).

2- Implementación práctica de las medidas de mitigación de riesgos geológicos previstas para el proyecto en el informe preliminar elaborado en la etapa anterior.

3- Realización del control del cumplimiento de las medidas técnicas y tareas programadas en los procesos tecnológico-productivos concebidos en el proyecto.

4- Evaluación continua de un sistema de indicadores durante la ejecución del proyecto, que garantice la gestión del riesgo geológico en esta etapa de la obra.

5- Evaluación preliminar de la efectividad de las medidas integrales tomadas en función de la obra en proceso de ejecución, correspondientes a la mitigación del riesgo geológico.

En esta etapa que se enmarca durante la ejecución del proyecto, el riesgo geológico a gestionar tiene mucha relación con los ensayos geotécnicos, o sea con las propiedades físico mecánicas de los suelos en estudio y con la aplicación de las medidas de mitigación determinadas en los estudios preliminares realizados en la primera etapa.

Un indicador se define como una medición que permite el seguimiento y la evaluación periódica de las variables o indicadores claves de la gestión del riesgo, mediante comparaciones con sus correspondientes referentes internos y externos. Los indicadores que se evalúan tienen que ver además con la ejecución de trampas ecológicas o ambientales, y técnicas durante el proceso de preparación del terreno, habilitación correcta de rellenos, taludes artificiales y naturales, cimentaciones, sistemas hidráulicos, calidad de terminación de fases, etc., entre los cuales se encuentran:

- 1- Las alteraciones humanas del paisaje.
- 2- Inestabilidades y deslizamientos inducidos.
- 3- Modificaciones del contenido de humedad y el nivel freático.
- 4- Comportamiento de las cargas a proyectar sobre los suelos.
- 5- Cambios o variaciones en el diseño inicial del proyecto.
- 6- Análisis de las condiciones del suelo en construcciones en procesos diversos (referidos a obras que son obje-

to de reconstrucciones o mantenimientos, a las variaciones de usos de obras existentes, y a las variaciones en las condiciones del entorno), etc.

No existe un límite determinado en cuanto a la evaluación de indicadores, mientras más sean, mejor será para la obra, ya que estos pueden constituir factores de riesgo si no se tienen en cuenta durante la ejecución de la misma, una descripción más acabada de estos aspectos no es objetivo de esta investigación, esta es una tarea que los especialistas de la construcción tienen por delante a resolver.

3. Etapa de finalización del proyecto (Parte final de la implementación)

1- Evaluar la aplicación de un sistema de indicadores durante la terminación del proyecto inversionista, que garantice la gestión del riesgo geológico en esta etapa de la obra.

2- Elaboración de recomendaciones para explotación eficiente de las instalaciones construidas, respetando los aspectos geológicos.

En esta etapa de finalización, la evaluación de indicadores está relacionada por ejemplo con el análisis de las obras de ambientación. Muchas veces en nuestras obras no se aplican correctamente obras de ambientación y jardinerías adecuadas, ya que no se prevé el riesgo futuro que estas pueden traer a las obras en proceso de terminación, en parte por falta de conocimiento acerca de las propiedades físico mecánicas de los suelos insitu y los de relleno por parte de los especialistas en jardinería o ambientación, y en parte por falta de orientación de los ingenieros que intervienen en la ejecución de la obra directamente sobre estos aspectos.

Como consecuencia al pasar de pocos años comienzan las afectaciones directas en las edificaciones por el crecimiento de los sistemas radicales, las cuales se manifiestan de distintas formas tales como: agrietamientos, levantamiento de muros y paredes exteriores y estructuras interiores, e inclusive el desplome de estas estructuras. Estas consecuencias se producen debido a las características propias de los suelos de ofrecer los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, procesos que muchas veces se incrementa al ocurrir un evento geológico como por ejemplo inundaciones o sismos; los que en el caso del primero aumenta las características plásticas del suelo y propicia humedad, y el segundo disminuye el nivel de compactación en el área, siendo todas estas consecuencias factores favorables para el desarrollo de las plantas y sus sistemas radicales. Para evitar estos fenómenos es necesario también gestionar este riesgo en la fase de terminación de las obras.

Es preciso que habiendo ganado un conocimiento amplio durante el desarrollo de las etapas anteriores y esta inclusive, sobre el riesgo geológico y su manera de gestionarse de forma correcta para cada construcción u objeto de obra específico; sean descritas a través de un informe y entregadas al futuro utilitario, un conjunto de de recomendaciones para explotación eficiente de las instalaciones construidas, respetando los aspectos geológicos que se han identificado y gestionado durante la construcción. Esta es una medida muy importante para las empresas constructoras, ya que les permite entre otras cuestiones, asumir una posición altamente técnica y responsable en materia de riesgos geológicos.

Por otro lado, permite además la protección del conocimiento tecnológico de los ejecutores, resguardar su prestigio ante la comunidad y contribuir al exitoso y adecuado uso futuro de la obra en cuestión.

4. Proceso de mejora continua (Proceso de evaluación)

Proceso de evaluación

Su objetivo es evaluar los resultados de la implementación de los proyectos, validar la estrategia de conocimiento y retroalimentar el proceso de diagnóstico para generar un nuevo ciclo de la gestión del conocimiento.

Este proceso establece que, una vez realizada la implementación de los proyectos y sus respectivos planes, estos deberán evaluarse por medio de cierto número de mediciones de la gestión, y ello permitirá mostrar los resultados obtenidos en la incorporación de las medidas de mitigación en el contexto del proyecto.

En este sentido es preciso acotar, que cada proyecto terminado constituye un laboratorio virtual para la empresa constructora, por cuanto la mejora continua incluye tanto los aspectos de esta obra como la evaluación comparativa con otras obras ejecutadas. Las comparaciones internas permiten mostrar los avances desde el punto de vista histórico de la visión del ejecutor. Sin embargo, una comparación con el exterior permitirá mostrar el impacto real de los avances, debido a que permite comparar efectividades relativas en la gestión del riesgo geológico.

Para realizar estas evaluaciones, pueden aplicarse diferentes modalidades:

- Mediciones cuantitativas: variables previamente definidas y que tienen un significado.
- Mediciones cualitativas: por medio de métodos no numéricos.
- Observación: corresponde a las opiniones del personal previamente capacitado para evaluar temas de interés.

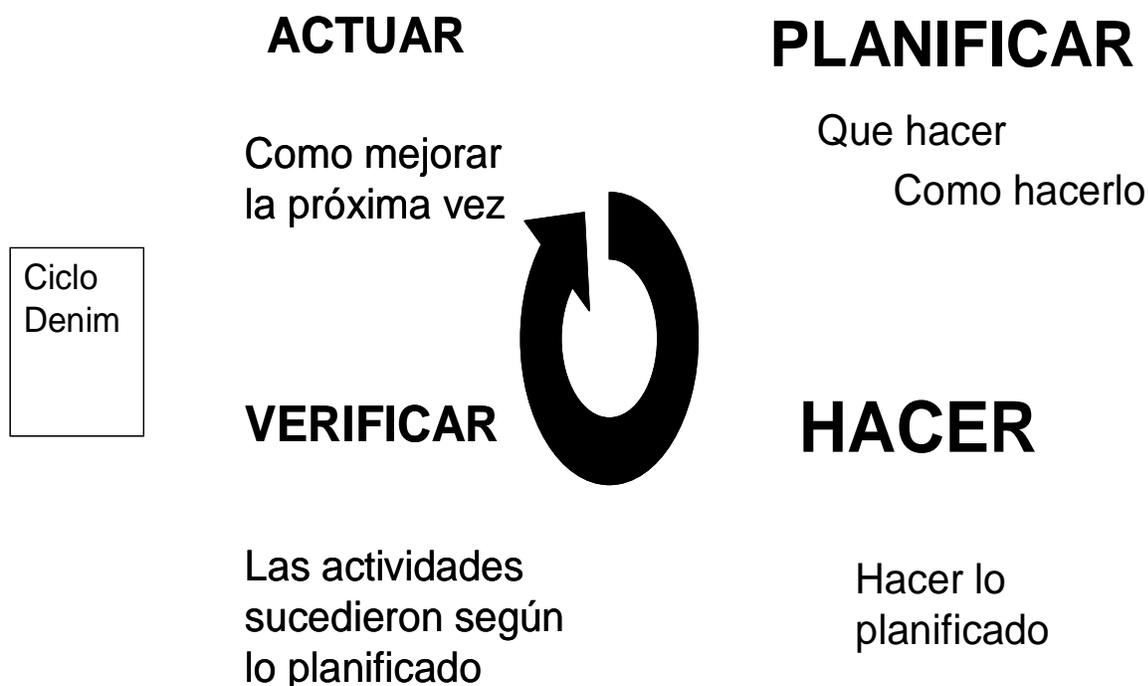


Fig.2 Ciclo de Demim

Este proceso incluye:

1. Aplicación de las mediciones: Definición del método y la técnica para obtener la información y ejecución de las mediciones según las acciones definidas para obtener la información necesaria.

2. Interpretación de los resultados: Comprende el procesamiento y análisis de los datos obtenidos para determinar el tipo de riesgo geológico para el que se ha creado el indicador. Según el volumen de información, puede validarse el uso de la herramienta seleccionada.

3. La Mejora continua: implica la aplicación los principios de análisis establecidos en el ciclo de Deming, consistentes en evaluar posibles errores, o mejoras a los procedimientos, técnicas o tecnologías utilizadas en la obra. Esta técnica se aplica tanto durante la ejecución como durante la explotación; y la misma tiene la finalidad de mejorar las medidas técnicas y tecnológicas aplicadas a la obra en función tanto de mejorarlas en la misma como en proyectos futuros.

Bajo esta concepción las obras ejecutadas constituyen el laboratorio práctico de las empresas ejecutoras o controladoras de los procesos de gestión de riesgos geológicos. Esto permite constantemente realizar evaluaciones de las medidas de mitigación aplicables a los proyectos futuros, y mejorarlas en las obras ya terminadas o en procesos de mantenimiento o remodelación.

EXPRESIÓN GRÁFICA DEL MODELO DE RIESGO GEOLÓGICO PARA PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y DE INFRAESTRUCTURA

Luego de haber descrito las etapas que estarán presentes en el modelo y haber realizado un análisis exhaustivo de los elementos que conforman el riesgo geológico en particular, de analizar además la manera en que hoy se gestiona el riesgo geológico desde el punto de vista de las instituciones y regulaciones jurídicas que intervienen en este proceso. Es preciso realizar una representación gráfica del mismo:

El modelo explica tres tipos de procesos fundamentales:

1- Los administrativos: que son los destinados a garantizar la gestión de los recursos humanos, financieros y materiales (en la parte inferior).

2- Los encargados de la gestión principal del riesgo geológico: los cuales se encuentran interconectados según los pasos metodológicos propuestos en la presente investigación.

3- Los de control ejecutivo y mejora continua: destinados al control que los responsables e ingenieros de las empresas ejecutoras tengan sobre la ejecución de todas las actividades relacionadas con el proyecto, de gestión del riesgo geológico de forma continuada (en la parte superior).



Fig.3 Modelo para la gestión de riesgos geológicos en procesos constructivos y de infraestructura.

Se considera como significativo expresar que este modelo es un modelo dinámico. Los procesos indicados en la gestión, pueden o no ser aplicados en correspondencia con el tipo y envergadura de la inversión, así como por la evaluación que se haga del tiempo de uso de la obra. De la misma forma pueden incluirse otros aspectos que a consideración del ejecutor constituyen elementos de riesgo importantes a gestionar.

Se puede apreciar que el proceso de gestión de riesgo geológico es un proceso complejo donde intervienen varios factores, los cuales en un final siempre contribuirán a evaluar la magnitud del peligro y la vulnerabilidad existente y acumulada, para de esta manera tomar a tiempo las medidas tecnológicas necesarias para el éxito, la durabilidad y seguridad de las inversiones constructivas y de infraestructuras, con lo cual por consiguiente imprimimos mayor sostenibilidad al desarrollo constructivo.

El éxito de la aplicación del modelo no solo radica en el conocimiento de los pasos, etapas o subprocesos que lo conforman, sino también, en la interpretación eficiente de la situación geodinámica descrita y aportada por los diversos documentos, información contenida en los SIG, tabulaciones y otras, que sean capaces de obtener los ingenieros ejecutores e inversionistas de la región, área o localidad donde estará enclavada la obra; y además por la correcta aplicación de las normas, regulaciones y medidas tecnológicas contenidas en los diferentes ministerios, independientemente de sus deficiencias.

IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO PARA LA GESTIÓN DE RIESGOS GEOLÓGICOS EN LOS PROCESOS CONSTRUCTIVOS Y DE INFRAESTRUCTURA

Para la implementación del modelo de gestión de riesgos geológicos en una organización, se requiere de la instrumentación de una metodología y una estrategia.

La implementación de la estrategia supone la realización de un conjunto de acciones que se cumplirán por medio de la metodología y los procedimientos que se establezcan a tal efecto.

Esta estrategia es confeccionada en cada organización en correspondencia con el análisis de la situación objetiva real en que se encuentre, lo que quiere decir que su implementación depende de las características internas de la organización, su objeto social, nivel de capacitación de su personal para sumir la tarea, etc.

La estrategia debe también optimizar el balance entre la calidad, el tiempo y el costo, de acuerdo con las prioridades que se han asignado a cada una de estas variables.

La metodología de implementación consta de cuatro pasos sucesivos, diferenciados por el objetivo que se persigue en cada uno de ellos:

- Primero: Determinación y evaluación del estado actual: corresponde con el diagnóstico realizado y el inventario de recursos y servicios, tanto los que están disponibles como la identificación de aquellos que pueden instrumentarse por medio de la ejecución de los diferentes proyectos.

- Segundo: Definición de las metas: se establece según el diagnóstico realizado sobre los posibles riesgos geológicos y el conocimiento existente en la organización. Por tanto, como parte del proceso de diseño, se propone instrumentar el modelo para la gestión de riesgos geológicos de modo que se centre su acción en la asignación de contenidos, los que reflejen realmente el potencial del conocimiento existente en la organización.

- Tercero: Desarrollo de proyectos: se realiza a partir de la ejecución de las acciones de la estrategia diseñada a este efecto y que permitirá incorporar progresivamente las medidas de mitigación del riesgo geológico, según se estructuran en los diferentes pasos y aplicaciones para expresar el conocimiento de la organización y su relación con el entorno.

- Cuarto: Análisis de resultados: analiza la correspondencia entre los resultados de la determinación del estado actual con las metas que define la organización, y la definición de los proyectos de conocimiento del riesgo geológico que se ejecutan para establecer las diferencias que deben ser objeto de un nuevo diagnóstico.

Puede utilizarse, en el análisis de resultados, diferentes metodologías de evaluación que ya han sido descritas en la literatura, como por ejemplo las matrices DAFO, para

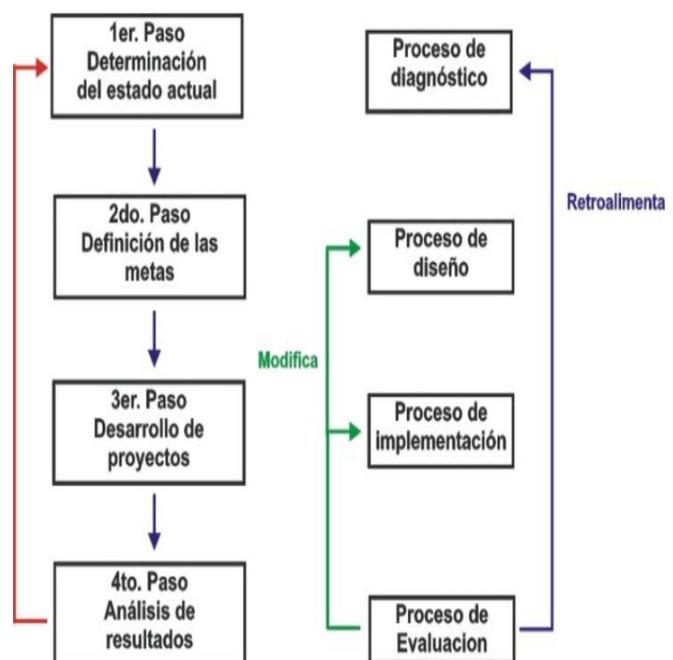


Fig. 4. Estructura de la metodología.

facilitar la gestión del conocimiento. Los pasos de la metodología no constituyen sistemas cerrados, sino que se enriquecen con las ideas, según las necesidades propias de cada organización donde se emplee la metodología, pero siempre en consideración a que los instrumentos que se apliquen y las acciones que se planifiquen respondan a los objetivos que se buscan en cada una de ellas.

La aplicación de la metodología tiene carácter sistémico y cíclico, porque la evaluación constituye una retroalimentación para el diagnóstico, y modifica las acciones que se realizarán, tanto desde el punto de vista del conocimiento como de su arquitectura como muestra la figura 4.

La aplicación del modelo de gestión de riesgos geológicos bajo los principios de la gestión por procesos también tiene carácter cíclico, prima la satisfacción de las partes interesadas en el producto final que para nuestro caso es la obra constructiva, la calidad final en la que intervienen las medidas correctas de mitigación de riesgos y el proceso de mejora continua, ver figura 5.

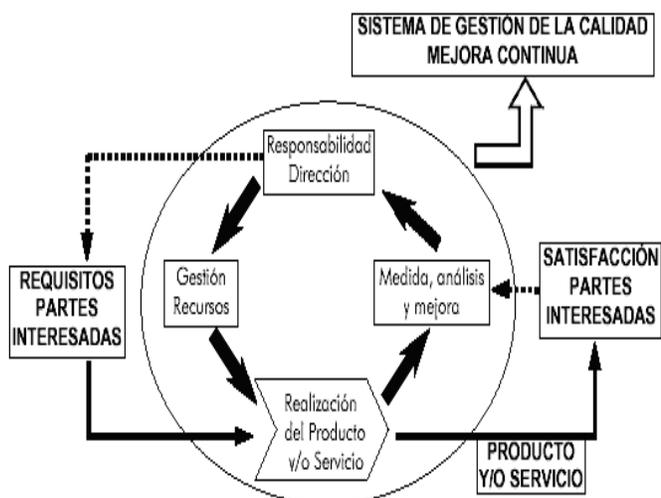


Figura 5. Principio de la mejora continua propuesta por la ISO

CONCLUSIONES

I. La gestión de riesgo geológico no debe terminar en la primera fase de desarrollo de las inversiones constructivas, sino extenderse inclusive a la parte final de las mismas, a manera de evaluar los riesgos que geológicamente puedan producirse a corto, mediano y largo plazo, con el objetivo de tomar en cada momento las medidas tecnológicas adecuadas para evitarlos.

II. El modelo presentado es generalizable a las empresas especializadas en ejecución de proyectos de ingeniería civil, para la gestión de riesgo geológico en forma sistémica.

III. El modelo luego de su aplicación contribuirá al objetivo final de prevenir y mitigar los desastres ocasionados por fenómenos naturales y antrópicos, para tomar decisiones de manejo y ordenamiento del uso de suelos, en lugares con potenciales impactos, así como para recomendar medidas de mitigación de la vulnerabilidad que

permitan disminuir las pérdidas de vidas humanas y materiales.

IV. El modelo propuesto es dinámico, cuestión que permite su adaptación a los procesos productivos de las empresas ejecutoras de proyectos de ingeniería civil.

REFERENCIAS

1. Cardona, Omar Darío A. (2004) *EVALUACIÓN DE LA AMENAZA, LA VULNERABILIDAD Y EL RIESGO*. "Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo". Red de estudios sociales en Prevención de desastres en América Latina., Bogotá. Colombia.
2. Norma ISO 9001-2001. Obtenida en formato electrónico.
3. Enrico L. Quarantelli. (1992) *Urban vulnerability and technological hazards in developing countries societies*. Washington DC. US. Obtenida en formato electrónico
4. Sánchez - Silva, M; Yazmin L. Cardona Arboleda, Omar Darío. (1993). Merida. VE. Metodología para evaluación de vulnerabilidad de centros urbanos. CRIES. Multimedia Compilación: Comarcas Vulnerables. Armando Fernández, compilador. 2005.
5. Luis Sopeña Mañas (2006). "Patología y recalces de cimentaciones. Ponencia dentro de las Jornadas sobre cimentaciones en el Código Técnico de la Edificación. CEDEX. España,
6. AYALA C. (1992): *Introducción a los riesgos geológicos*. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosa, 23. 28003-Madrid.
7. Colectivo de autores (1999) *Tecnología y sociedad*. Grupo de Estudios Sociales de la Tecnología (GEST). Edit. Félix Varela, La Habana. Cuba.
8. *La Gestión del Conocimiento - El concepto de Gestión del Conocimiento Monografía creado por Dionisio Pérez-Villar*. Extraído de: <http://www.gestipolis.com/canales6/ger/la-gestion-del-conocimiento.htm>, publicado el 28 de Abril de 2006.
9. Fernández Melián Bárbara C, et al. "Potencialidad de peligros naturales inducidos en los alrededores de la bahía de Santiago de Cuba y sus alrededores". Santiago de Cuba. 2002. Obtenido en formato electrónico en Centro territorial de Información de la Construcción, Santiago de Cuba.

^a Revisión realizada por el aspirante a proyectos de obras hidráulicas. Ejemplo: Informe ingeniero geológico Tanque acueducto y conductora municipio Guama, Santiago de Cuba. ENIA. 2002.

^b Modelo científico. Obtenido de «<http://es.wikipedia.org/wiki/Modelado>».

^c GEST: Grupo de Estudios Sociales de la Tecnología. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría. Ciudad Habana. Ingeniería e innovación tecnológica, Tirso W. Saens. 1999.

^d Siglas de International Organization for Standardization (ISO), Organización Internacional de Normalización. La 'Norma ISO 9001' ha sido elaborada por el Comité Técnico ISO/TC176 de ISO Organización Internacional para la Estandarización, y especifica los requisitos para un sistema de gestión de la calidad que pueden utilizarse para su aplicación interna por las organizaciones, para certificación o con fines contractuales. http://es.wikipedia.org/wiki/ISO_9001