

**TITULO DEL PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LOS SISTEMAS DE ABASTO DE AGUA A LOS HOSPITALES Y REFUGIOS POBLACIONALES DE LA CIUDAD DE SANTIAGO DE CUBA. MEDIDAS DE MITIGACION.**

**EJECUTOR PRINCIPAL: CENTRO NACIONAL DE INVESTIGACIONES SISMOLOGICAS.**

**NOMBRE Y DIRECCION DE LA INSTITUCION A LA QUE PERTENECE:**

Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAIIS).

Ministerio de la Ciencia Tecnología y Medio Ambiente

Calle 17 No. 61 entre 6 y 4. Reparto Vista Alegre

Santiago de Cuba 90400

Teléfono: (53) 226 41623 42583

Tele-fax: (53) 226 41579

Email : [soberats@cenais.ciges.inf.cu](mailto:soberats@cenais.ciges.inf.cu)

[arango@cenais.ciges.inf.cu](mailto:arango@cenais.ciges.inf.cu)

**RESUMEN.**

La ciudad de Santiago de Cuba esta localizada en los 20° 00' de latitud norte y los 75° 00' de longitud oeste, asentada en una cuenca hidrográfica de 400 km<sup>2</sup> de extensión, limitada al sur con el mar caribe y por el este, norte y oeste por la Cordillera de la Sierra Maestra. La ciudad tiene una extensión territorial de 6169.9 Km, una de las mas densamente poblada del país con 166,6 hab/km<sup>2</sup>. La Ciudad de Santiago de Cuba esta cercana a la Zona de Fallas Bartlett-Caimán (Oriente), principal Zona Sismo génica del país, que es capaz de producir Terremotos de Magnitud de hasta 8.0 Richter. ( Ver Fig. 1 y 2 donde se muestra la ubicación geográfica de la ciudad y la distribución de los epicentros de los terremotos).

El proyecto que se presenta tiene como objetivo fundamental, contribuir a mitigar los efectos de los desastres con la evaluación de las amenazas o peligros, la vulnerabilidad y el riesgo que afectan las instalaciones del sistema de agua potable y saneamiento en la ciudad de Santiago de Cuba.

La ciudad de Santiago de Cuba cuenta actualmente con una población de 460000 habitantes y ha sido afectada por 20 sismos de gran intensidad de 7, 8 y 9 grados de intensidad sísmica en la escala MSK.; el último de los cuales ocurrió en 1932.

La falta de un estudio integral de las redes técnicas de acueducto, conlleva a una catástrofe diaria, ya que las operaciones de su manejo se hacen de forma empírica, lo que trae en ocasiones, incluso, un deterioro en la calidad del agua servida a la población y al sistema salud.

Para realizar este proyecto, se seguirá la metodología de trabajo, de la Organización Panamericana de la Salud, (Guías para el análisis de la vulnerabilidad, editada en Washington, D.C. 1998 y el manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable).

El presente trabajo tiene como objetivo analizar la vulnerabilidad de los sistemas de abastecimiento de agua a la ciudad de Santiago de Cuba en caso de un sismo de gran intensidad.

La ciudad dispone actualmente de un sistema de abasto de agua conformado por tres acueductos con relación a las fuentes suministradoras, ellos son: (Ver esquema de abasto a la ciudad Fig. 4)

Acueducto Quintero.-Que abastece al 80% de la ciudad, conformado por los embalses C.M. Céspedes, Gilbert, Gota Blanca, Charco Mono y Chalons, una planta potabilizadora, Cuenta además con 7.18 Km de túneles, 1.9 Km de canal y 59 Km de conductoras de grandes diámetros y 3 estaciones de bombeo.

Acueducto San Juan.- Abastece a mas de 60000 habitantes. Cuenta con 20 pozos, con su sistema de bombeo, conductoras y tanque elevados, los cuales suministran agua subterránea de la cuenca hidrogeológica de San Juan con 12 millones de metros cúbicos al año. Alrededor de esta cuenca se encuentran mas de 20 focos contaminantes que son un peligro potencial para la fuente.

Acueducto Parada.-Abastece a la zona industrial de la ciudad la cual presenta grandes consumidores y a zonas residenciales cercanas a la misma. Es suministrado desde el embalse y cuenca subterránea de Parada.

Se propone estudiar la vulnerabilidad de las cortinas y de las obras de captación de los embalses, basado en el análisis de la nueva norma sísmica existente y la medición de los periodos de oscilación de las estructuras y de la base de cimentación, así como el cálculo de rotura y áreas de inundación aguas abajo de los embalses. Como es conocido hay zonas de alto riesgo aguas abajo de las cortinas de los embalses Carlos Manuel de Céspedes (poblado de Contra maestre con 30000 habitantes), Gota Blanca ( poblado de Palma Soriano con 40000 habitantes), Parada (zona industrial). Permitiendo hacer un estudio de variantes de fuentes en caso de fallo de las cortinas o de las obras de captación y conocer las áreas de inundación para los niveles de aguas normales y de aguas máximas. Se analizaran la vulnerabilidad de los sistemas de conducción(conductoras, túneles, y canales) y estaciones de bombeo a los sismos y fenómenos geológicos que pudieran afectar, se analizaran las plantas potabilizadoras, tanques de distribución dentro de la ciudad y las redes internas de abastecimiento a la población con énfasis de abasto a los hospitales, analizando variantes en este último, de que al menos puedan ser abastecidos por dos de los 3 acueductos existentes para caso de desastres. En el estudio de variante se presentaran los esquemas y proyectos a ejecutar para que no falte

el líquido con la cantidad y calidad requerida y un estudio de manejo de las operaciones de fuentes y sistemas de conducción y potabilización.

Se hará un estudio sobre las redes técnicas del acueducto, y un análisis de su vulnerabilidad basado en los estudios realizados por el Centro Nacional de Investigaciones Sismológica, lo que permitirá conocer los sistemas de conducción menos vulnerables y por ende conocer las operaciones en el acueducto que garanticen llevar el líquido a los lugares deseados, evitando las dificultades diarias en su manejo y en caso de eventos extremos. Posteriormente se hará el análisis de la vulnerabilidad sísmica según las matrices de probabilidad de daños según la guía de la O.P.S.

Por otra parte se hará un estudio de incorporación de nuevas fuentes superficiales y subterráneas, que se encuentran próxima y dentro de la ciudad y que pudieran servir para abastecer de agua a la población y al sistema salud.

## **ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL DE LA TEMATICA.**

La ciudad de Santiago de Cuba fue fundada en 1515. Desde sus primeros años de existencia se convirtió en base de la conquista del continente Americano. Su ventajosa ubicación geográfica, su relieve montañoso y sus recursos naturales originaron su impetuoso desarrollo demográfico, económico, social y cultural, que la han convertido actualmente por su importancia en la segunda ciudad de Cuba. No obstante, el limitado régimen de precipitaciones y la escasez de recursos hídricos ha constituido desde su fundación su principal problema, es decir, la satisfacción de las necesidades de agua potable.

Desde 1818 el gobierno colonialista español emprendió acciones para solucionar los problemas de abasto, pero no es hasta 1939 que se construyó el embalse de Charco Mono, obra de ingeniería de la época, de 7,5 millones de metros cúbicos de capacidad. Para esta época ya había ocurrido el terremoto del 3 de febrero de 1932, por lo que el gran crecimiento de las obras hidráulicas después del 59 no han sufrido el impacto de un fuerte terremoto. ( Ver esquema de abasto de la ciudad, (Fig. 3 ).

Cronológicamente las ejecuciones de obras hidráulicas para el abasto de agua a la ciudad de Santiago de Cuba es:

- 1962- Planta potabilizadora Quintero de 1050 l/s. de capacidad.
- 1966- Embalse Gilbert de 42.5 millones de metros cúbicos de capacidad y un sistema de conducción hasta el túnel Sierra Maestra.
- 1968- Embalse Carlos Manuel de Céspedes de 243 millones de metros cúbicos de capacidad y un sistema de conducción de 35.7 Km. de longitud y 750 l/s.
- 1986- Embalse Parada de 34.2 millones de metros cúbicos de capacidad. Este complejo cuenta con una planta potabilizadora y un sistema de conducción y distribución para la zona industrial de la ciudad y repartos residenciales.

1992.- Embalse Gota Blanca de 83.6 millones de metros cúbicos de capacidad. Cuenta con una estación de bombeo en la cola de la presa, un canal de entrega y conductora hasta el túnel Sierra Maestra.

Los cortinas de los embalses, fueron construidas con las medidas antisísmicas de la norma antigua, son cortinas del tipo de núcleo de arcilla con espaldones rocosos, que son las que mejores soportan la carga sísmica, las conductoras son de hormigón, de hormigón pre-comprimido, de hierro fundido y acero soldable con diámetros que varían desde 500 mm hasta 1200 mm, estas tuberías muchas de las cuales tienen mas de 60 años de explotación son muy vulnerables, sobre todo las de hormigón y hierro fundido, anualmente se producen roturas en ellas, ocasionando interrupciones del agua a la ciudad. Todos los embalses del sistema Oeste, principal acueducto de la ciudad vierten sus aguas al túnel Sierra Maestra de 2m de diámetro revestido de hormigón con un espesor de 20 cm y longitud de 5226m. Cuyo fallo ocasionaría la no entrada a la ciudad del 80 % del agua que consume. Por otra parte la ubicación de pueblos, aguas abajo de los embalses incrementan la vulnerabilidad y el riesgo.

Este proyecto se ha preparado tomando como base la "Guía para la el análisis de la vulnerabilidad en los sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario" ( O.P.S., 1998 ) y "El manual para la mitigación de desastres naturales en sistemas rurales de agua potable", (Escuela Politécnica Nacional, Ecuador de los autores Galo Plaza N. Y Hugo Yépez A).

Se han realizado estudios similares, en Costa Rica; por Saúl Trejos, en Ecuador en San Vicente de Paoló; por Yépez, Santacruz y Egred, en Venezuela, por José Grases, en Brasil, por Ysnard Machado, en Barbados ,por David Lashley.

El análisis de vulnerabilidad es el método que permite determinar las debilidades de los componentes de un sistema frente a una amenaza, con un doble objetivo: establecer las medidas de mitigación necesarias para corregir esas debilidades, y proponer las medidas de emergencia para dar una respuesta adecuada cuando el impacto de la amenaza se produce.

El objetivo del análisis de vulnerabilidad y de la identificación de las medidas de mitigación para los sistemas de abastecimiento de agua potable es tener sistemas sostenibles y seguros frente a las amenazas naturales.

Para conseguir este objetivo es necesario primero conocer las características de los niveles organizativos, administrativos y de operación (características administrativas funcionales) y la de los componentes físicos (características estructurales; así como aquellas relacionadas con las amenazas naturales de las zonas y su impacto potencial. Con esta información se procede a identificar las vulnerabilidades del sistema y las medidas de mitigación.

En América Latina y el Caribe, los desastres naturales han dejado en evidencia que los sistemas de agua potable y saneamiento son vulnerables a sufrir daño frente a diferentes tipos de desastres naturales, lo cual se ha traducido en incalculables pérdidas económicas,

alteraciones en la calidad del agua servida a la población y a las industrias e interrupciones en los servicios de distribución del agua potable, cuanto más estos se necesitan.

Los daños producidos por desastres naturales en este tipo de servicios, además de afectar de manera directa a la salud de la población servida, causa importantes impactos al interior de las empresas de agua y saneamiento, debido a los daños en toda la infraestructura física de todo el sistema, así como la no recaudación debido a la interrupción de los servicios.

Desastres recientes ocurridos de eventos sísmicos, fuertes vientos, inundaciones ocurrido en todo el mundo, como el Fenómeno del Niño 1997-1998, los huracanes Georges y Mitch, así como los terremotos México, Kobe, Loma Prieta, California, Filipinas, Costa Rica, Bolivia y Colombia, por mencionar algunos, han demostrado cuán vulnerables son los sistemas de agua potable y alcantarillado Sanitarios.

Nuestro país previniendo los efectos negativos que estas catástrofes naturales producen en las economías de los países, la Defensa Civil de la República de Cuba, quien es el órgano rector que atiende la mitigación y prevención contra los desastres naturales, en el marco del ejercicio demostrativo Meteoro 96, convocó a ministros, delegados, jefe de gobierno y jefes de los poderes populares, jefes de la FAR y MININT para discutir los planes de medidas para el caso de un sismo de gran intensidad, en el caso del INRH y sus empresas se tomaron los siguientes acuerdos.

- Estudiar la vulnerabilidad de los embalses (Fuentes de Abastos).
- Evaluación de la vulnerabilidad de las conductoras principales y sus empalmes u uniones.
- Proponer un conjunto de medidas para mitigar la vulnerabilidad del sistema.
- Garantizar agua a los refugios poblacionales y al sistema salud con la calidad requerida.
- Valorar la vulnerabilidad de los sistemas de saneamiento ambiental.

Basado en lo explicado anteriormente y los acuerdos tomados de los ministros, se propone el siguiente proyecto.

La experiencia obtenida del estudio de los efectos de los terremotos, está determinado fundamentalmente por el nivel de peligro y la vulnerabilidad que poseen los elementos sometidos a riesgo (población, las construcciones y la actividad social y económica).

Las pérdidas materiales y humanas debido al impacto de los diferentes tipos de peligros se han visto incrementado debido a:

- La no existencia y/o deficiencias de los estudios de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo.
- La no existencia y/o deficiencia en las normativas para la ubicación, proyección y construcción de instalaciones resistentes a los peligros.

- La falta o poca preparación de la población, las instituciones y gobernantes en el manejo de los desastres y del medio ambiente.
- El desconocimiento y/o no realización de los planes en caso de desastres.

Esta situación quedó bien evidenciada por los logros alcanzados en la Conferencias Mundiales de Prevención y Mitigación de Desastres celebrada en Japón en 1994, Costa Rica y Ginebra (1999) auspiciadas por las Naciones Unidas mediante la secretaría para el Decenio Internacional de Reducción de los Desastres Naturales (DIRDN). En estas reuniones se llegó a un consenso: que era necesario la evaluación y reducción de la vulnerabilidad como la vía principal en la mitigación de los efectos causados por desastres y su impacto en el Medio Ambiente.

El territorio cubano está sometido a diferentes peligros que pueden provocar situaciones desastrosas como son los terremotos y los fenómenos hidrometeorológicos extremos (huracanes, ciclones, tormentas tropicales y fuertes sequías). Estas amenazas son las que más daños han provocado a escala mundial, a su vez estos fenómenos pueden desencadenar otros tipos de peligros como son deslizamientos, inundaciones, escapes de sustancias tóxicas, incendios, licuefacción, etc.. Esta situación ha traído como consecuencia que en el territorio se realicen algunas investigaciones encaminadas a la identificación y valoración de los diferentes peligros o amenazas para su posterior manejo y evaluación con el objetivo de poder brindar una serie de medidas encaminadas a la mitigación de los efectos de estos desastres. Ejemplo de ello lo constituye la obtención del Mapa de Peligrosidad Sísmica para Cuba para una probabilidad del 10 %,15% para un periodo de vida útil de 50 años.

Estas investigaciones nos permiten afirmar que en cualquier parte del país y en cualquier momento puede ser afectada por un ciclón o un evento sísmico. Teniendo en cuenta esta realidad se hace necesario incrementar el nivel de conocimiento del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo a que un sistema de acueducto y alcantarillado puede estar sometido, para poder adoptar un conjunto de medidas, que nos permitan reducir el riesgo y la vulnerabilidad como única vía para mitigar los efectos que pueden causar estos peligros o amenazas. En la ciudad de Santiago de Cuba se han impartido cursos, seminarios, conferencias, talleres y se han realizado numerosos trabajos encaminados a capacitar y educar a la población en materia de desastres, así como se ha estudiado la vulnerabilidad del sistema salud, no obstante en materia de prevención todo lo realizado no es suficiente para preparar y elevar la cultura en el manejo de los desastres y la conservación del medio ambiente.

Todo sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado está expuesto en mayor o menor grado a las emergencias y desastres, por lo tanto, a los daños en sus componentes, Aún aquellos sistemas que operan en áreas geográficas con escaso riesgo de fenómenos naturales como huracanes, sismos, inundaciones, etc., necesitan igualmente estar preparados para emergencias en prevención de accidentes, roturas, que pueden contaminar el agua y afectar seriamente el servicio y la calidad de vida de la población.

Los servicios de agua potable cumplen una misión especial en el proceso de desarrollo y son un elemento esencial para garantizar las condiciones de salud y de bienestar a la población. En situaciones de emergencias y desastres, son un recurso primordial para permitir la vuelta rápida a la normalidad. El impacto de un fenómeno natural puede provocar la ruptura de tuberías o estructuras, la escasez de agua, o incluso el colapso del sistema.

En las estrategias de operación y mantenimiento de los servicios, las empresas que operan este sistema deben contar con planes de mitigación y de emergencia dirigidos a disminuir la vulnerabilidad, evitar o reducir daños perdidas humanas y materiales y a la vez dar la mejor respuesta posible una vez que se produce el impacto. El plan de emergencia debe establecer los procedimientos necesarios para movilizar con agilidad y eficacia los recursos existentes en la empresa y si es necesario requerir la ayuda externa.

## **BIBLIOGRAFIA.**

1. Álvarez, L. (1988). Peligrosidad Sísmica de Cuba (1). Sacudibilidad Sísmica de Santiago de Cuba.
2. Asprino, M. (1977). Artículo: Investigación Antisísmica en edificios prefabricados.
3. Cardona A., O.M. (1988). Enfoque Metodológico para la evaluación de la Amenaza, la Vulnerabilidad y el Riesgo Sísmico.
4. CONCE-CEN (1985) Norma Sismorresistente Cubana.
5. Chuy T., Álvarez L. (1995) Mapa de Zonificación Sísmica para el Código Sísmico Cubano.
6. DIRND (1993) STOP DISASTERS (1-26).
7. DIRDN (1994). World Conference on Natural Disaster Reduction. Circular.
8. Earthquake Engineering Reserch Institute (1994). Northridge earthquake January 17, 1994
9. Federal Emergency Management Agency. (1985). Comprehensive earthquake preparedness planning guidelines: City. Serie 2.
10. Federal Emergency Management Agency. (1985). Comprehesive earthquake preparedness planinning guidelines: County. Earthquake hazards reduction. Serie 3.
11. Federal Emergency Management Agency. (1988). Earthquake damaged buildings: An overview of heavy debries and victim extrication. Serie 43.
12. Graces, J. (1988) Mitigación del Riesgo Sísmico. Acciones y lecciones recientes.
13. González, B.E.; et al. (1989). Microzonación Sísmica de la ciudad de Santiago de Cuba.
14. González, B. (1995) La Microzonación Sísmica y su roll en la prevención de los desastres sísmico en Cuba.
15. Manual para la mitigación de desastres naturales en los sistemas rurales de agua potable. . Washington, D.C.;; OPS, C1998p.--(Serie Mitigación de Desastres).
16. Mas. Guindal L, J. A. Los efectos del sismo en la edificación tradicional.
17. Martín, A. (1985). Plan de Actuación para Casos de Catástrofes Sísmicas.
18. Mitigación de Desastres naturales de agua potable y alcantarillado. Washington, D.C.;; OPS, C1998p.--(Serie Mitigación de Desastres).
19. Naciones Unidas (1979). Prevención y mitigación de desastres. Volumen 7. Aspectos económicos.

20. Naciones Unidas (1993) Strategic aspects of geological and seismic disaster Management and disaster scenario planning.
21. OIPC (1988) La formación de recursos humanos para la prevención y control de desastres.
22. Oliva R., (1987) Análisis ingenieril de los efectos del terremoto del 3 de febrero de 1932 en la ciudad de Santiago de Cuba.
23. Oliva R., Mendoza J., (1988) Plan de Medidas en caso de Sismos de Gran Intensidad de la provincia de Stgo. de Cuba.
24. Oliva R., Rubio M., Marissy J. (1991) Vulnerabilidad Sísmica de la ciudad de Santiago de Cuba. Revista Geofísica Panamericana.
25. OMS, CORAASAN, (1989) Análisis de Vulnerabilidad y Manual de Operaciones para emergencias y desastres para almacenamiento de agua potable y saneamiento.
26. Volumen I Aspectos generales.
27. Volumen II Aspectos administrativos.
28. Volumen III Aspectos de arquitectura.
29. Volumen IV Aspectos de ingeniería.
30. OMS (1992) Comunidades Urbanas en Centroamérica, Vulnerabilidad, Desastres y Acciones de Prevención y Mitigación.
31. OMS (1994) Evaluación del peligro, vulnerabilidad y riesgo de los fenómenos naturales en el Perú.
32. OPS (1992) Compendio general sobre desastres.
33. OPS (1982). Control de vectores con posterioridad a los desastres naturales.
34. OPS (1988) Participación de la comunidad en desastres.
35. OPS (1988). Administración de Emergencias en Salud Ambiental y provisión de agua. Cuaderno Técnico No. 17.
36. PAHO/WHO-IDNDR (1994). A world safe from natural disasters.
37. Revista MASICA, No 2, Agosto 1999, Sistema de Agua y Saneamiento a prueba de Desastres, Osorio, Claudio, OMS-OPS.
38. Seaman, J. (1989). Epidemiología de desastres naturales.
39. The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering (1993) Manual for zonation on seismic Geotechnical Hazards.
40. UNDRO, ONAD, (1991). Programa de mitigación de desastres en Colombia.
41. UNDRO-PNUD (1991). Mitigación de desastres.
42. UNDRO, PNUD (1991) Evaluación de desastres.
43. UNDRO, PNUD (1991) Preparativos para desastres.
44. UNDRO, PNUD (1991) Desastre y desarrollo.
45. UNDRO, PNUD (1992) Visión general sobre manejo de desastres.
46. UNDRO-PNUD (1991). Vulnerabilidad y evaluación del Riesgo.
47. UNDRO (1991) Vulnerability and risk Assessment.
48. United Nations (1993). Strategic aspects of geological and seismic disaster management and disaster scenario planning.
49. Urbina, L, (1988). Prevención y control de desastres. Seismic Safety Commission (1987). Guidebook to identify and mitigate seismic hazards in buildings. California.

## **OBJETIVO DEL PROYECTO.**

Evaluar la vulnerabilidad sísmica de los sistemas de abastecimiento de agua desde las fuentes de captación, hasta los lugares donde están ubicados los sistemas de salud y los refugios poblacionales, utilizando las matrices de probabilidad de daños según la guía para el análisis de la vulnerabilidad de la O.P.S.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

- Caracterización integral de las instalaciones hidráulicas estudiadas
- Determinación de los parámetros que definen los diferentes tipos de peligros en las instalaciones estudiadas y en las áreas donde se ubica el sistema de Agua Potable y saneamiento ambiental de la Ciudad de Santiago.
- Identificar y cuantificar las amenazas que pueden afectar el sistema.
- Estimar la susceptibilidad de daños de aquellos componentes del sistema valorados como fundamentales para asegurar el suministro de agua en caso de un sismo de gran intensidad.
- Definir las medidas a incluir en el plan de mitigación, tales como; obras de reforzamiento, mejoramiento de cuencas, estudio de las estructuras y de sus bases de cimentación, todos ellos encaminado a disminuir la vulnerabilidad física de los componentes,
- Proponer variantes en el manejo y operación del acueducto para el abastecimiento de agua a los refugios poblacionales y al sistema salud.
- Realizar los esquemas de las obras necesarias a ejecutar para que no falle, el abastecimiento del líquido a los hospitales.
- Determinar las zonas con peligro de inundación, en caso de una rotura, que pueda ocasionar un sismo de gran intensidad.

## **ENTIDADES QUE PARTICIPAN EN EL PROYECTO.**

Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAIIS): Procesará el banco de datos existente y la metodología para la estimación del peligro, la vulnerabilidad y el riesgo sísmico a través del personal especializado en la materia, al tiempo que constituirá el centro rector del Proyecto de Investigación, ejecuta su dirección científico - técnica, participa en la ejecución de todas las tareas que integran el proyecto. Coordina las acciones con otras instituciones en el cumplimiento de los objetivos del Proyecto.

Universidad de Oriente: Participara en la evaluación de la situación de las redes de acueducto y alcantarillado dentro de la ciudad, y propondrá las variantes de manejo y operación, así como ejecutará los esquemas y proyectos necesarios que garanticen variantes de abastecimiento, así como participara en la evaluación de la estabilidad de las estructuras que conforman las obras hidráulicas.

INRH y sus empresas: Brindará la información necesaria sobre el sector y participará con sus especialistas en el proceso de investigación y en la apreciación de la situación.

Salud Publica. Participara en las normas higiénico sanitaria que debe de cumplir el agua, Aportará los datos sobre los lugares en que se llevara a cabo la ayuda médica, facilitará datos de interés y accesos al sistema salud.

Poder Popular: Las diferentes instituciones que pertenecen a este organismo brindarán toda la información necesaria, así como apoyarán en la organización de las diferentes tareas a ejecutar en el proyecto y participarán en el perfeccionamiento del plan del municipio y de la provincia.

Defensa Civil: Realizará las coordinaciones necesarias para la obtención de la información y la participación de especialistas de esta institución en la ejecución de la apreciación de la situación, las medidas a tomar, en el perfeccionamiento del plan de la comunidad y de los centros y los programas de capacitación, preparación de los trabajadores y la población.

Objetos de Estudio: Participación de los especialista en la evaluación de la vulnerabilidad operativa y física de los componentes y la estimación del riesgo.

#### Planta de tratamiento

- Quintero ( Q=1650 l/s)
- Parada (270 l/s )
- Loma de la Cruz(en Construcción)

#### Líneas de Conducción

- Carlos Manuel de Céspedes-Estación de Bombeo Vertical Mogote I . (Q= 1500 l/s , tubería de acero soldable)
- Estación de Bombeo Vertical Mogote I-E. B. Horizontal Mogote II ( Q= 1500 l/s )
- Estación de bombeo horizontal-Túnel Caney –Gilbert II ( Q= 1500 l/s )
- Conectora Gilbert-La Clarita II( tubería 1000 mm a presión Q= 860 l/s y tubería de 1200 mm de diámetro a gravedad Q= 820 l/s )
- Canal Gota Blanca- La Clarita II ( Q= 1400 l/s )
- Charco Mono-Derivadora Navarrete- La Clarita ( Q= 540 l/s ) ( HPC Ø=900 mm )
- Túnel Sierra Maestra- Potabilizadora Quintero. (Hierro Fundido Ø 54 pulg. )
- Presa Parada-Planta de Filtro Parada
- Planta Potabilizadora Parada-Ciudad Industrial

Nota: Las conductoras son de Hormigón pre- comprimido, de hormigón, hierro fundido y en menor medida de acero soldable, uniones rígidas.

#### Estaciones de Bombeo

- Campo de tiro San Juan( 300 l/s )
- Cola de Gota Blanca ( 1400 l/s )
- Mogote I y II ( 1500 l/s )

### Tanques elevados

- Planta de filtro Quintero
- Caballo blanco
- 30 de Noviembre
- Las Coloradas

### Pozos

- San Juan (12 millones de metros cúbicos)

### Embalses

### Volumen de embalse hm<sup>3</sup>

- |                             |       |
|-----------------------------|-------|
| • Charco Mono               | 4.55  |
| • Gilbert                   | 59.67 |
| • Gota Blanca               | 83.6  |
| • Chalons                   | 1.428 |
| • Parada                    | 34.2  |
| • Carlos Manuel de Céspedes | 243.0 |

### Túneles

- Caney-Gilbert (2 km de longitud)
- Sierra Maestra (6 km de longitud)( revestido de hormigón)

## **ESTUDIO DE MERCADO.**

En este tipo de proyecto por su especificidad y por su amplia utilización están involucrados todos los organismos que están estrechamente vinculados con el sistema de agua potable en la provincia de Santiago de Cuba. *El Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, la Universidad de Oriente y el centro de estudios de higiene y calidad de las aguas,* poseen la información básica, la metodología de trabajo, el personal especializado para los objetivos propuestos.

Existe experiencia en Latinoamérica, sobre la aplicación de esta metodología. En la ciudad de Limón, Costa Rica, se aplicó con muy buenos resultados la misma, lográndose concluir que hubiese sido más efectivo y económico haber ejecutado un plan de mitigación sísmica en los sistemas de abastecimiento de agua que la reconstrucción posterior.

## **PLANIFICACION DETALLADA DE LAS TAREAS.**

1. Características de todos los sistemas de abastecimiento. (captación, conducción, almacenamiento- tratamiento y redes de distribución).

- Identificación de la organización institucional y de la administración local todos los sistemas de abastecimiento.
- Identificación de la forma de operación de los sistema
- Características de la zona.
- Descripción del sistema y sus componentes.

Personal del Instituto Nacional de los Recursos Hidráulicos, profesores universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 6 meses

2. Análisis de la vulnerabilidad de las redes de distribución hidráulicas y su manejo operacional de los acueductos de la ciudad en periodo normal y en caso de un sismo fuerte.

- Actualización de las redes de distribución, por zona de abasto.
- Estudio de la racionalización de la gestión de explotación por zona de abasto.
- Establecimiento de las normativas de operación de los acueductos.
- Determinar la información técnica que permita automatizar la gestión de operación.
- Estudios de variantes en el manejo operacional de los acueductos para el abastecimiento de agua a los hospitales y refugios poblacionales.
- Determinar los volúmenes de inversiones requeridos para la rehabilitación de los acueductos.
- Estudio de la vulnerabilidad sísmica del sistema de distribución.

Participantes: Especialistas del CENAI, Especialistas del INRH y sus Empresas, Profesores Universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 2.5 años

### 3.- Análisis de la vulnerabilidad sísmica de las obras de captación).

- Análisis de los fenómenos Ingeniero-geológico que pudieran producirse en caso de un sismo de gran intensidad.
- Evaluación de la amenaza o peligro sísmico.
- Revisión de la estabilidad de los objetos de obra según las nuevas normas sísmicas aprobada para el país.
- Calculo de rotura de la cortina y zonas con peligro de inundación, aguas abajo para los niveles de aguas normales y máximo.
- Chequeo de la estabilidad de los objetos de obras, mediante el análisis de los periodos de oscilación y sus espectros.
- Análisis de nuevas fuentes que pudieran incorporarse en caso de un sismo de gran intensidad.

Participantes: Especialistas del CENAI, Especialistas del INRH y sus Empresas, Profesores Universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 1 Año

### 4. Análisis de la vulnerabilidad sísmica de los sistemas de conducción. (Conductoras, túneles y estaciones de bombeo).

- Análisis de los fenómenos Ingenieros geológicos.
- Análisis de la peligrosidad sísmica
- Análisis de la vulnerabilidad de las conductoras.
- Análisis de la vulnerabilidad de los túneles.
- Esquema de variantes de by-pass en caso de fallo.
- Mediciones de los periodos de oscilaciones de las estructuras y del suelo.

Participantes: Especialistas del CENAI, Especialistas del INRH y sus Empresas, Profesores Universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 1 Año

### 5. Análisis de la vulnerabilidad sísmica en las plantas potabilizadoras y en los tanques de almacenamiento.

- Análisis de los fenómenos Ingenieros geológicos.
- Análisis de la estabilidad de las estructuras, mediciones de los periodos de oscilación.

- Esquemas de variantes de by-pass en caso de fallo.
- Medidas higiénico sanitaria a garantizar para la potabilización del agua.

Participantes: Especialistas del CENAIIS, Especialistas del INRH y sus Empresas, Profesores Universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 1 Año

#### 6. Confección de las matrices de daños en caso de un sismo de gran intensidad.

- Confección de la matriz de identificación y característica de la amenaza sísmica.
- Confección de la matriz, vulnerabilidad administrativa.
- Confección de la matriz, vulnerabilidad operativa.
- Confección de la matriz, vulnerabilidad física.
- Confección de la matriz, medidas de mitigación de la vulnerabilidad física, operativa y administrativa.

Participantes: Especialistas del CENAIIS, Especialistas del INRH y sus Empresas, Profesores Universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 1 Año

#### 6. Capacitación, educación e información a los directivos de los centros y a la población.

- Muestra de videos para su posterior debate.
- Realización de plegables sobre el tema.
- Realización de talleres y seminarios sobre el tema de manejo de desastres y de conservación del Medio Ambiente.
- Realizar conferencias y talleres para la preparación.
- Preparación de los directivos y trabajadores de la empresa en la prevención y mitigación de desastres.

Participantes: Especialistas del CENAIIS, Especialistas del INRH y sus Empresas, Profesores Universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 2 meses

#### 7. Confección de proyecto de montaje de equipamiento para un sistema de alerta y monitoreo para el sistema de seguridad de las instalaciones.

Participantes: Especialistas del CENAIIS, Especialistas del INRH y sus Empresas, Profesores Universitarios y estudiantes de la Universidad de Oriente.

Tiempo: 3 meses.

## **RESULTADOS A ALCANZAR.**

Con los objetivos planteados en el proyecto se pretenden alcanzar los siguientes resultados:

1. Análisis de los fenómenos Ingenieros geológicos que puedan afectar la estabilidad de las fuentes de abasto.
2. Análisis de la estabilidad de las obras hidráulicas en caso de un sismo de gran intensidad.
3. Definir las zonas con peligro de inundación en caso de un fallo de los embalses.
4. Definir variantes de abastecimiento de agua con la calidad requerida para los refugios poblacionales y el sistema salud.
5. Definir las acciones de proyecto y manejo de fuentes para la solución del abastecimiento de agua a los refugios poblacionales y al sistema salud.
6. Definir las acciones (Proyecto y recursos) para incorporar en ruta nuevas fuentes de abasto.
7. Definir las medidas higiénicos sanitarias a ejecutar para abastecer de agua a los refugios poblacionales y al sistema salud.
8. Elaborar el plan de mitigación y emergencia.
9. Perfeccionamiento de los planes para Casos de Sismos de Gran Intensidad y de Catástrofes de los centros estudiados.
10. Un conjunto de medidas para la reducción de la vulnerabilidad, el riesgo para las instalaciones estudiadas y de protección del medio ambiente.
11. Materiales didácticos para la preparación de los directivos y trabajadores del sistema.
12. Contribuir a crear una cultura en el manejo y prevención de los desastres y de conservación del medio ambiente.
13. Proyecto de monitoreo y sistema de alarma y seguridad sísmica de las instalaciones.

## **ENTIDADES INTERESADAS EN LOS RESULTADOS.**

Todas las instituciones y organizaciones que se encuentran en regiones de alto riesgo están interesadas en la aplicación de medidas preventivas para la mitigación de los efectos de sismos fuertes entre los cuales podemos citar:

- Salud Publica
- CITMA (MEGACEN, Agencia de Medio Ambiente).
- Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas (CENAIS).
- Universidad de Oriente (MES)
- INRH y sus empresas.
- Poder Popular (a sus diferentes niveles).
- Defensa Civil.
- Organizaciones de Masas (CDR, FMC)

## **MEDIOS BASICOS E INFORMATIVOS.**

### Medios existentes:

- Medios de computo.
- Esclerómetro digital.
- Detector de armadura
- Equipo ultrasónico para la detección de armadura.
- Bibliografías y datos de archivos.
- Equipos de medición y programas de procesamiento.
- Bancos de datos sismológicos
- Metodologías de Trabajo

### Materiales que se necesitan:

- Bibliografías actualizadas
- Materiales de oficina
- Casetes de video y CD.
- Laminas de acetatos.
- Computadora Portátil
- PC (Pentium, con impresora, ploter y scanner
- Materiales para afiches
- Multimetro digital.
- Wattímetro de gancho
- Cofimetro.
- Medidor digital de rpm.
- Corrosímetro
- Extractor de testigo
- Cables y conectores para sismómetros
- Tarjeta de video para capturar imágenes
- Cámara fotográfica digital.
- Quemador de C.D.
- Fotocopiadora y accesorios
- Caudalímetro ultrasónico.
- Equipos portátiles de comunicación con cargadores y batería de repuesto.
- Cronómetros y medidor manual de rpm.
- Detector de salidero.

## A) PERSONAL CON CARGO EN EL PROYECTO

Especialistas del Centro Nacional de Investigaciones Sismológicas, Profesores y Estudiantes Universitarios, Especialistas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.

### PRESUPUESTO DEL PROYECTO EN MONEDA USD

Materiales y Equipos	UM	Cant.	Precio	Importe (USD)
Papel Bond 1/2 x 14	resma	20	3.60	71.00
Diskette 1.44 MB (3.5") o CD.	caja	6	3.95	23.70
Portaminas 0.5 mm	unidad	18	1.35	24.30
Minas 0.5 mm	caja	24	0.28	6.72
Goma de borrar	unidad	18	0.28	5.04
Bolígrafos	unidad	18	0.10	1.80
Schotch tape	unidad	18	1.00	18.00
Libreta de notas	unidad	50	5.40	270.00
Toner a color	unidad	2	21.00	42.00
Cassette video Panasonic VHS-C TC 30	unidad	9	3.19	28.71
combustible (diesel)	litros	2000	0.30	600.00
Cámara Fotográfica Digital	unidad	1	900	900
PC- Latop	unidad	1	2500	2500
PC- Pentium, impresora, ploter y scanner	unidad	1	8000	8000
Corrosímetro	unidad	1	7763	7763
Extractor de Testigos	unidad	1	15000	15000
Cables y conectores para sismómetros	unidad	1	1000	1000
CET de medidores (sismómetros)	unidad	1	12000	12000
Vehículo ligero	unidad	1	15000	15000
Caudalímetro ultrasónico	unidad	1	10000	10000
Detector de salideros	unidad	1	2000	2000
Equipos portátiles de comunicación	unidad	3	200	600
Multímetro digital	unidad	1	30	30
Wattímetro de gancho	unidad	2	20	40
Cofímetro	unidad	1	25	25
Medidor digital de rpm	unidad	1	200	200
Cronometro	unidad	5	5	25
Medidor manual de rpm	unidad	2	20	40
Materiales y Equipos	UM	Cant.	Precio	Importe (USD)
Alimentación	peso	-	1000	1000
Capacitación y asesoría	viajes	-	8000	8000
Información científico técnica	libros	-	2000	2000

Programas de computo	software	-	5000	5000
Tarjeta de video para capturar imágenes	unidad	1	150	150
Quemador de CD	unidad	1	300	300
Fotocopiadora y accesorios	unidad	1	400	400
Total				93069.27

### Presupuesto en Moneda Nacional (Pesos \$)

Total de gastos directos	104771.0
gastos indirectos	26192.75
Otros gastos	21000.00
Total de gastos	151963.78
10% de Utilidad	15196.378
Total general	167160.158

Duración total del proyecto: 3 años



Figura 1. Los círculos amarillos representan epicentros de terremotos, la zona de mayor concentración al sur de la región oriental se corresponde con Bartlett – Caimán. Tomado de Midas (1994).