

**Instituto Tecnológico de Costa Rica  
Escuela de Ingeniería en Construcción**

**Guía de Evaluación Para Reestructuración de Piscinas Existentes**

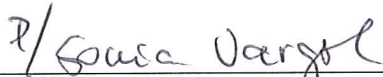
Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Cinthia Santana Sánchez

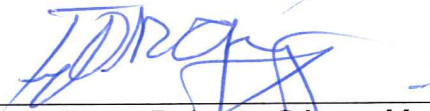
Cartago, Febrero 2016.

## CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

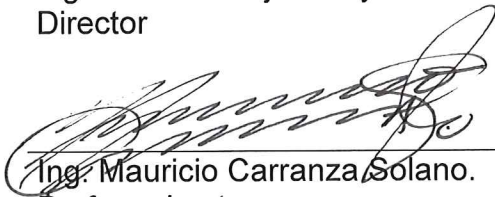
Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Oscar Roberto Gómez Mora, Ing. Mauricio Carranza Solano, Ing. Mauricio Araya Rodríguez, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.



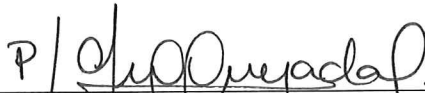
Ing. Gustavo Rojas Moya.  
Director



Ing. Oscar Roberto Gómez Mora.  
Profesor Guía



Ing. Mauricio Carranza Solano.  
Profesor Lector



Ing. Mauricio Araya Rodríguez.  
Profesor Observador

# Guía de Evaluación Para Reestructuración de Piscinas Existentes



# Abstract

The pool is currently building and restructuring whole field of action that involves various areas of engineering and whose views on how important they are diverse.

The vessel is the structure that contains water, it supports both the water pressure and the soil that also surround the effects of buoyancy, seismic, potential settlements, etc. Leads the pipes so the water evenly for their returns and is returned to the pumping equipment is distributed, houses the skimmers and other accessories, has about it simple structures so that the activity of swimmers is given to the best .

Keywords: pool, restructuring, process, evaluation, concrete.

# Resumen

La construcción y reestructuración de piscinas actualmente es un campo de acción que involucra diversas áreas de la ingeniería y cuyos criterios sobre lo importante son diversos.

El vaso es la estructura que contiene el agua, soporta tanto la presión del agua como la de los suelos que lo rodean, además los efectos de Boyancia, sismo, posibles asentamientos, etc. Conduce las tuberías de modo que se distribuya el agua de manera uniforme por sus retornos y sea devuelta a los equipos de bombeo, alberga los desnatadores y demás accesorios, tiene sobre él estructuras sencillas para que la actividad de los bañistas se dé de la mejor manera.

Palabras clave: piscina, reestructuración, procedimiento, evaluación, concreto.

# **Guía de Evaluación Para Reestructuración de Piscinas Existentes**

CINTHIA SANTANA SÁNCHEZ

Proyecto final de graduación para optar por el grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Febrero 2016

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN**



# Contenido

Prefacio.....	1
Resumen ejecutivo .....	2
Introducción .....	4
Marco Teórico.....	6
Metodología.....	13
Resultados.....	15
Resultados específicos.....	17
Análisis de Resultados .....	33
Anexos.....	56
Referencias.....	86

# Prefacio

La problemática de no conocer a fondo como funciona una piscina, cuáles son los principios de diseño básicos así como su proceso constructivo, lleva a que una vez que el vaso por alguna deficiencia anterior se dañe, sea reparado de una manera empírica y sin un fundamento ingenieril que realmente dé soporte a esa solución. Restaurar un vaso suele ser más difícil que construir uno nuevo, requiere de mejor evaluación de las condiciones en las que opera, hacer un estudio exhaustivo de sus señales evidentes de falla y proponer una solución que lo restaure definitivamente. Con el estudio detallado de esta problemática se espera aportar a la Escuela de Ingeniería en Construcción y a la comunidad en general conocimiento con fundamentos sustentables y comprobables, dar solución real al problema que enfrentan los propietarios de piscinas que por múltiples razones ven como éstas se deterioran sin contar con herramientas que les permitan accionar adecuadamente. A la vez busca dar una guía seria y con base técnica que permita la evaluación de la raíz de cada problema en vez de la generalmente cara efectiva práctica en función de efectividad; vista en varios casos en donde no se tiene idea de si la naturaleza del problema es estructural, hidráulico, entre otras razones, por tanto, el propietario prueba a ciegas con personas que se hacen pasar por especialista.

Un agradecimiento muy especial a todos aquellos que colaboraron en la elaboración de este documento, muy especialmente a mi profesor guía, el Ing. Oscar Gómez Mora quien fue apoyo e inspiración para continuar creciendo como profesional, a Corporación Font que permitió los espacios para hacer las visitas, a los Comités Cantonales de San Ramón, Naranjo, Palmares, Cartago, Ciudad de los Niños, UCR Turrialba y al CATIE que permitieron el ingreso a sus instalaciones, a los compañeros de trabajo y proveedores que fueron entrevistados porque su información fue valiosa para la confección de este documento.

# Resumen ejecutivo

El proyecto es una propuesta para reestructuración de piscinas existentes para quienes están inmersos en este campo: operadores de piscinas, propietarios, administradores e ingenieros.

En la actualidad no se cuenta con un procedimiento con criterio unificado y basado en fundamentos ingenieriles que sustente las soluciones que se aplican a las piscinas existentes en Costa Rica.

El proyecto tuvo como objetivo general proporcionar un procedimiento que permita la reestructuración de piscinas existentes.

Para lograrlo se hizo visitas a piscinas de Comités Cantonales así como a otras instituciones, se entrevistó a quienes están a cargo y se hizo levantamiento del sitio.

Como complemento y parte del objetivo también se entrevistó a otras empresas relacionadas con el área de modo que se ofreciera un panorama más completo de lo que se hace para lograr una reestructuración.

Adicionalmente se investigó en libros y normas dedicados a fines similares.

Las visitas arrojaron resultados muy interesantes, entre los cuales se mencionan los siguientes: diferencias de criterio importantes en cuanto al diseño y construcción de piscinas, mantenimiento enfocado en el balance del agua y mantenimiento de equipos, insuficiente conocimiento sobre lo que es importante determinar como falla estructural, poco seguimiento al estado del depósito, escaso conocimiento sobre la reestructuración de una piscina y sobre el origen de las fallas. Esto en términos generales.

De estas visitas se generaron dos casos de estudio en los cuales se ilustra el procedimiento propuesto para implementar una reestructuración: CATIE y Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Cartago, en su piscina olímpica.

La primera tiene una falla debido a un sismo, la segunda por la combinación de criterios de

diseño y proceso constructivo menos riguroso del que plantean otros entes dedicados al tema de tanques de almacenamiento.

En Costa Rica rige el ACI 318 y Código Sísmico de Costa Rica, no así el ACI 350 que es usada en este documento como referencia. Sumado a estos factores está el poco conocimiento sobre el manejo de las condiciones en las que estuvo operando esta piscina durante 14 años.

Con estos dos casos de estudio se ilustró la forma en que se determina un procedimiento que permita una solución para reestructurar piscinas.

Al final del documento se hace un resumen general del procedimiento al aplicar en una piscina.

Las conclusiones a las que se llegó, fueron fundamentalmente:

- Es necesaria la implementación de una norma más enfocada en el área de piscinas para su diseño, construcción, mantenimiento y reestructuración;
- El proceso constructivo y el diseño son fundamentales para el buen desempeño de la piscina,
- Hay poco conocimiento sobre el comportamiento del concreto estructural y de como reestructurar.



# Introducción

Costa Rica ha tenido un mercado creciente en la construcción de piscinas, debido al auge de la natación como fuente de salud y bienestar así como el crecimiento de proyectos habitacionales donde su valor agregado es la tenencia de una piscina para uso de los residentes.

Las piscinas son obras dinámicas, donde juega un papel muy importante su adecuada administración y mantenimiento. Una vez construidas, alargan o acortan su vida útil de acuerdo con el cuidado que hayan recibido. Con relativa frecuencia inician su deterioro estructural sin recibir un tratamiento adecuado, ya sea por falta de conocimiento, por las múltiples versiones que existen sobre las acciones por tomar en caso de hacer reparaciones o por la poca importancia que se le da a este tema.

El proyecto que se presenta a continuación tiene como finalidad concientizar sobre la importancia de tener un criterio adecuado sobre la valoración y proponer un procedimiento sobre la forma en que se debe reestructurar una piscina, mediante metodología de casos de estudio, entrevistas, visitas a las instalaciones que consideran el diseño de una metodología para diseño reestructuración.

Al ejecutar la labor de campo se recurrió a los entes que la aprobaran, para lo cual se visitó a los siguientes entes: Comité Cantonal de San Ramón, Comité Cantonal Naranjo, Comité Cantonal Palmares, Comité Cantonal Cartago, Ciudad de los Niños, UCR de Turrialba y al CATIE.

## Objetivo general

Proponer procedimiento de evaluación de las fallas existentes en una piscina y a partir de esa información, dar solución mediante reestructuración técnicamente sustentable.

## Objetivos Específicos

- Evaluar desde el punto de vista estructural las diversas fallas que presenta el depósito mediante inspección visual de piscinas existentes, localizarlas y determinar sus características.
- Plantear diseño de la reestructuración del vaso, mediante la metodología de diseño utilizada en ingeniería estructural, sin uso de software especializado.
- Proponer proceso constructivo para finalizar modelo de reestructuración.

## Alcance

El proyecto está circunscrito según lo que a continuación se describe:

- Las pruebas serán cualitativas y descriptivas en cada visita sin instrumentación, por tanto, no son invasivas.
- La única obra civil valorada en cada visita será el reservorio.
- Mantenimiento de equipos y tratamiento químico del agua son únicamente mencionados como referencia y complemento de este proyecto.
- Debido a que se propone un procedimiento, algunos de los datos pueden ser sólo asumidos para efectos de demostración.
- El énfasis de este proyecto es para piscinas de concreto reforzado. Piscinas de mampostería son usadas como referencia y complemento para el análisis de resultados, no así para sus soluciones particulares.
- En caso de que se amerite el uso de pruebas con instrumentación se hará mención en el documento como parte del análisis.
- La cantidad de visitas así como de propietarios de piscinas que se visitan queda limitado a la disponibilidad de quienes estén dispuestos a ser estudiados, de modo que la cantidad, ubicación geográfica y datos tomados está en función de

esa variable. Esto también aplica a proveedores y constructoras. Si este último punto se ve limitado se hará uso de la investigación como forma de mitigación.

- Las normas de referencia para este estudio son todas aquellas dedicadas a la ingeniería estructural que sean aplicables a este proyecto, tales como Código Sísmico de Costa Rica 2010, Código de Cimentaciones, GSDMA Guidelines for Seismic Design of Liquid Storage Tanks, ACI 350. Como complemento, se hace uso de otras que se empleen para tener contexto completo como es el caso del Reglamento del Ministerio de Salud, Normativa FINA, entre otras.
- Debido a que el proyecto se basa en la observación y entrevistas principalmente, el diseño de la solución para las piscinas que necesiten la reestructuración podría ser conservador.
- Para las piscinas donde se haga una propuesta ésta es de carácter cualitativo, no se hace costeo de las soluciones ni una memoria de cálculo.
- Se hace toma de datos y entrevista aún cuando según lo observado se determine que la piscina esté en buenas condiciones, ya que de ahí se tomará otro tipo de información valiosa para sustentar el estudio realizado.
- Para los casos donde sí se observe la necesidad de proponer la reestructuración se plasmarán todos los objetivos planteados en este proyecto.
- El modelo de cálculo para el análisis estructural es convencional, sin uso de software especializado para ese fin.
- Debido a que se plantea un método de diseño para el proceso completo, diseños numéricos y específicos quedan delimitados únicamente al análisis conceptual.

La experiencia en el quehacer profesional de la investigadora es lo que ha motivado a la propuesta que se presenta, ya que no existe verdadera evidencia escrita o formal donde se indique como se procede hoy en la reestructuración de este tipo de estructura.

Se espera que este sea el inicio de un verdadero lineamiento en cuanto a este campo de acción y que instituciones que deben velar por el adecuado desempeño de las piscinas puedan tomar este documento como referencia.

# Marco Teórico

## Generalidades

La palabra piscina viene del latín y originalmente se utilizaba para designar pozos para peces de agua dulce o salada. También se le dio ese nombre a los reservorios de los acueductos y a la pila bautismal.

En la actualidad, la palabra piscina posee una serie de connotaciones positivas, las cuales se asocian a actividades relajantes y saludables; por tanto, se entiende que ésta es la estructura capaz de almacenar el agua, destinada a diversas aplicaciones, ya sean éstas recreativas, deportivas o terapéuticas; y son diseñadas y construidas de diversas formas y acabados. Ver figura 1.



Fig 1. Ilustración de una piscina

El vaso, como se le conoce al depósito propiamente, cuenta con diversos accesorios y equipos que permiten el adecuado tratamiento del agua, esto en sí mismo obliga a un correcto diseño y construcción. Los accesorios que contempla una piscina son los siguientes:

- Toma de fondo: También conocido como sumidero, se ubica en el fondo de la piscina, realiza la labor de succionar el agua y hacer la recirculación. También funciona para vaciar la piscina en caso de ser necesario. Ver figura dos.

- Skimmer o desnatador: Accesorio empotrado que se encarga de recoger las impurezas que se encuentran suspendidas en la superficie del agua. Ver figura 2.
- Boquillas: son los orificios de salida del agua depurada, permiten la recirculación.
- Iluminación: focos que van empotrados y son para dar iluminación a la piscina durante la noche. Ver figura 2.
- Toma de aspirado: Orificio de aspiración que permite la conexión de un aspirador de suciedad para la limpieza del fondo del vaso. Ver figura 2.



Fig 2 Accesorios de piscina

Entre los equipos que se emplean para realizar la labor de recirculación y tratamiento del agua, se encuentran:

- Bomba: Equipo eléctrico, generalmente del tipo autocebante, de plástico resistente a los químicos que maneja el agua, con canastillas para atrapar pelusas, muchas están dotadas de una tapa transparente para poder inspeccionar el contenido, la mayoría hoy día producen poco ruido. En el pasado se usaron bombas de hierro fundido, algunas sin canastilla, lo cual hacía un poco más difícil el manejo de los químicos y residuos sólidos que llegan a la bomba. Funciona extrayendo agua del vaso y luego forzándola a través de un filtro para atrapar y retener partículas de suciedad con lo cual devuelve el agua filtrada. Ésta se ubica en un cuarto de máquinas, junto con el filtro y en algunas ocasiones cloradores. Ver figura 3.
- Clorador: Equipo colocado después del calentador (si lo hay) o del filtro para garantizar la dosificación de cloro o bromo al agua de la piscina. En él se depositan pastillas de cloro o bromo que se desgastan conforme el agua

recircula a través de él, de este modo libera la cantidad de químico necesaria para sanitizar el agua. Este equipo ayuda en el tratamiento químico del agua. Ver figura 5.

- Filtro: Equipo encargado de retener partículas o suciedades del agua que es succionada por la bomba y luego impulsada hacia la piscina, pasando primero por él. Éste puede ser de arena, de cartucho o diatomeas. Ver figura 4.



Fig. 3 Bomba para piscina



Fig. 4 Filtro de arena

Fig.5 Clorador



los usuarios de la piscina mediante la recirculación del agua, por medio de sistemas de bombeo y filtración. Ejemplo de estos contaminantes son las ramas, polvo, células muertas de piel, productos cosméticos, restos vegetales, entre otros.

Hay que tomar en cuenta que una vez que el agua se almacena, cambia sus condiciones habituales, día con día, con o sin uso, por lo que es importante que se cuente con los equipos apropiados. Ver figura 6.

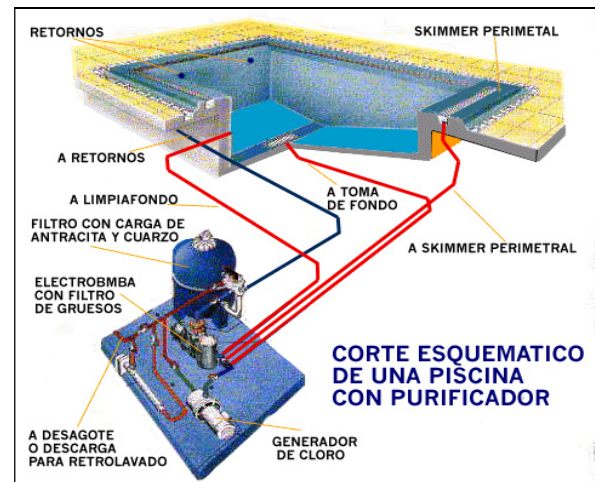


Fig.6 Esquema típico de sistema de filtración para piscina

## Selección de equipos para tratamiento físico

La adecuada selección de los equipos garantiza el 50% del éxito en el tratamiento del agua y a su vez disminuye considerablemente el

## Tratamiento físico del agua

El tratamiento físico se encarga de eliminar todas las impurezas aportadas por el viento o por

consumo de químicos una vez que inicie su operación. Como primer paso para seleccionar el sistema bomba-filtro lo que debe tenerse son las dimensiones y a partir de allí realizar la escogencia siguiendo los siguientes lineamientos:

- Calcular el volumen de agua que contendrá el vaso
- Determinar las horas en que se recirculará el volumen completo de la piscina. Esto se rige por medio de reglamentos ya establecidos en nuestro país lo dicta el Ministerio de Salud, ya que según sea el uso, así será el número de horas.
- Calcular el caudal teórico que debe entregar la bomba.

## Tratamiento químico del agua

El tratamiento químico, por su parte, se encarga de dar condiciones adecuadas, tanto en su balance químico como en su sanitización, a los usuarios de la piscina. Cuanto más es utilizada, como en el caso de las de uso público, más estricta es la vigilancia, en cuyo caso, deben cumplir con reglamentaciones dictadas por organismos de salud, en Costa Rica, el Ministerio de Salud.

Los parámetros que deben ser vigilados y adecuadamente tratados son: pH, alcalinidad, dureza, cloro libre, cloro total, cloro residual, para lo cual la definición está dada a continuación:

- pH: Es la cantidad de iones de hidrógeno. Nos indica si el agua de la piscina es ácida, básica o neutra. En el caso de piscinas el valor idea oscila entre 7.6 a 7.4. Cuando no se encuentra en estos valores, tiene efectos adversos en los usuarios.
- Alcalinidad: Ésta indica la cantidad de material alcalino disuelto en el agua de la piscina (carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos). Actúa como un imán del valor del pH de modo que éste tenderá a tener ciertos valores dependiendo de la alcalinidad del agua. El valor recomendado es de 80 a 120 ppm.
- Dureza: Cantidad de sales de calcio y magnesio presentes en el agua. Este parámetro debe ser controlado debido a que produce incrustaciones en tuberías y equipos y aguas turbias. Lo recomendado es que no sobrepase de 150 ppm.
- Cloro libre: Cloro útil presente en el agua. Según reglamento nacional y otros organismos internacionales, este valor debe estar entre 2 y 3 ppm.

- Cloro total: Parámetro que indica la cantidad de cloro desinfectante y cloro degradado.
- Cloro Residual: Cantidad de cloro que ya no tiene efecto desinfectante. No debe exceder de 0.5 ppm. Es el causante de los ojos rojos y la irritación de la piel. Éste se genera de la combinación del cloro con impurezas orgánicas, tales como el sudor, saliva, orina y heces. De ahí la importancia de mantenerlo controlado.

Un aspecto importante de mencionar, es que un vaso que contiene agua mal balanceada, inevitablemente deteriora, en mayor o menor medida, las condiciones físicas de éste.

El agua del vaso recibe diariamente dosificaciones de químicos de forma que se dé el tratamiento adecuado, ejemplo de esto son: cloros de diversos tipos y concentraciones, sosas, ácido muriático, sulfatos, entre otros. Ver figura 7.



Fig. 7 Ilustración de productos químicos aplicados en el tratamiento del agua de la piscina

## Limpieza de la piscina

Añadido a la dinámica del tratamiento del agua de la piscina y que influye en el estado físico de ésta así como en la salud de los bañistas, hay que recalcar, el mantenimiento periódico que se debe dar al depósito y filtros.

Entre las labores que se ejecutan como parte del mantenimiento de rutina se incluyen las siguientes:

- Limpieza del fondo: se hace por medio del aspirado y cepillado de las paredes. Ver figura 8.

- Limpieza de la superficie del agua: con una red con mango telescópico se elimina de la superficie del agua los insectos, hojas u otras partículas que estén flotando.
- Limpieza y desinfección de vestidores, baños y bordes de la piscina con altas dosis de cloro para evitar el contagio de enfermedades.
- Limpieza de las canastas de los desnatadores o skimmers.
- Control del diferencial de presión del manómetro del filtro.
- Limpieza de la arena del filtro: se hace mediante la operación de lavado contra corriente y posteriormente enjuague, hasta que el agua que pasa por el visor se observe limpia.



Fig. 8 Labor de aspirado de una piscina

## Consideraciones constructivas y de diseño

Las piscinas, como se mencionó anteriormente, son depósitos de almacenamiento de agua, por lo que se debe considerar algunos aspectos básicos de diseño y construcción para su adecuado desempeño, una vez finalizada la construcción.

Como parte del proyecto debe contemplarse lo siguiente:

- Estudios de campo
  - Diseño arquitectónico
  - Diseño electromecánico
  - Diseño estructural de la obra civil
- Como se puede apreciar, el diseño y construcción de una piscina es similar a otras

estructuras de contención y/o tratamiento de aguas, ya sean residuales, industriales o de consumo humano. Intervienen diversas áreas de la ingeniería, por lo que debe tenerse todo el panorama completo del proyecto.

## Estudios Preliminares

Son todos aquellos que deben ser tomados en cuenta como datos del diseño de la estructura, tales como tipo de suelo, formaciones geológicas circundantes, presencia de nivel freático, levantamiento topográfico, dirección del viento, ubicación respecto al Sol, ubicación y cantidad de árboles o rocas de tamaño considerable.

## Diseño Arquitectónico

Lo que corresponde a diseño arquitectónico es todo aquello relacionado con la funcionalidad y distribución de los elementos presentes en una piscina. Este diseño contempla consideraciones de espacio, forma, materiales, acabados, obras exteriores, iluminación, accesos para discapacitados, entre otros. Es en esta etapa donde también debe revisarse lo que contemplan las normativas nacionales e internacionales, sobre todo en piscinas de competición, tal como FINA y la NSFP, organismos dedicados completamente a la regulación de esta actividad.

## Diseño Electromecánico

La piscina para tener un adecuado tratamiento tendrá tuberías, equipos y accesorios que ayudarán en esta labor. Es en esta fase donde se determinan los diámetros máximos según las velocidades recomendadas para cada accesorio o sección de la piscina, se define cantidad de accesorios, tamaño de la bomba y del filtro, calibres de cable, puesta a tierra, acometidas, entre otros. Se siguen lineamientos ya establecidos por normativas nacionales e internacionales que además de garantizar el tratamiento del agua también salvaguardan la vida de los usuarios.

## Diseño Estructural

Este diseño incluye todos los lineamientos relacionados con el material con el que se construirá el vaso, las fuerzas que en él actúan así como en análisis estructural que debe hacerse y como último, paso establecer el diseño pertinente según las normativas que se estén aplicando.

Las condiciones que son revisadas cuando se diseña el reservorio son las siguientes:

- Empuje del suelo y sus efectos. Para esto debe conocerse el tipo de suelo, peso específico de éste, ángulo de fricción, si es o no cohesivo, existencia o no de rellenos.
- Empuje del agua del nivel freático y sus efectos.
- Determinación de cargas actuantes en el depósito, tales como el peso propio de las estructura, peso del agua, efecto del sismo en la estructura.

Todo lo anterior nos da como resultado fuerzas y momentos que actúan en el vaso y para los cuales se exige un diseño adecuado. Éste pretende lograr entre otros objetivos la mayor vida útil de la estructura y la ausencia de grietas y deformaciones. A diferencia de otras obras para tratamiento de aguas, las piscinas están hechas para albergar usuarios dentro de ellas y generalmente se ubican cerca de un lugar de esparcimiento, por lo que la seguridad debe ser un aspecto determinante.

Para el diseño propiamente de la estructura se tomarán los efectos combinados de las cargas y de acuerdo con esto, se establecerá el diseño del acero de refuerzo así como de las juntas de movimiento.

Para las combinaciones de carga se toman las que dicta el CSCR2010 y para los efectos del suelo sobre los muros y losa el Código de Cimentaciones.

El ACI 350 dicta lineamientos específicos para estructuras que permanecen con líquidos e indicaciones claras sobre lo siguiente:

- Resistencia del concreto
- Recubrimientos mínimos
- Diseño de juntas
- Acero mínimo
- Uso de aditivos e impermeabilizantes
- Áreas de acero
- Secciones mínimas de pared

## Construcción de piscinas

La construcción de una piscina de concreto reforzado debe estar bajo la supervisión de un profesional responsable para garantizar que su estructura pueda desempeñarse tal y como fue diseñada.

Inicialmente se hace excavación de la zona donde se construirá. A partir del estudio de suelos se determina si hay que hacer sustitución, cuál es el grado de compactación que se dará al suelo, drenajes por colocar, previstas mecánicas, etc. Ver figura 9.



Fig. 9 Excavación del vaso

Una vez ejecutada esta labor se procede a colocar el acero del fondo y las previstas mecánicas. Es muy importante dejar las previstas correctamente, ya que una vez que se ha colocado el concreto es muy difícil corregir errores de ese tipo. Estas previstas son las de los accesorios así como de la tubería. Ver figura 10.

Debe tomarse en cuenta si además de los elementos básicos el propietario requiere agua caliente e iluminación, ya sea inmediatamente o posterior, para que éstas queden colocadas. Sumamente importante colocar los drenes de fondo que sean necesarios así como los diámetros que permitan velocidades adecuadas del agua en su retorno a la bomba. Por normativas internacionales debe procurarse evitar el efecto de atrapamiento en la toma de fondo. Posteriormente se hace la chorrea de los muros de manera que se haga conforme a los lineamientos ya establecidos en normativas tales como el CSCR2010 o el ACI 350, donde se indica el procedimiento correcto para hacerlo. Debe

tenerse especial cuidado con las juntas de movimiento y los medios en que el diseñador se aseguró la adecuada impermeabilización de los muros. Cuando se ha curado el concreto, se procede a la impermeabilización y colocación de los acabados. Simultáneamente se puede construir el cuarto de máquinas y hacer la instalación del equipo de bombeo y filtración.



Fig. 10 Colocación de armadura y previstas mecánicas

## Consideraciones generales sobre estado de las estructuras

En términos generales toda obra de concreto estructural puede mantenerse a lo largo de su vida en muy buenas condiciones si su proceso de diseño y construcción así lo previó. Sin embargo, deficiencias así como algunos eventos (sismo de gran magnitud, inundaciones, fuego) pueden deteriorarla o acortarla.

La evaluación del concreto no debe ser limitada a sus condiciones físicas, propiedades mecánicas, resistencia química o agentes externos, sino a la interacción entre todos estos factores y a la exposición de sus condiciones de servicio.

La valoración oportuna, así como una adecuada interpretación de los datos pueden hacer que una estructura como la de piscinas puedan continuar en operación.

Para el caso particular de piscinas, hay que valorar de manera exhaustiva e insistente el agrietamiento o fisuras, las deformaciones y posibles asentamientos. También es muy

importante notar los cambios en la superficie como lo son la presencia visible de los agregados o el desprendimiento de la vitrocerámica, los cuales pueden ser señal de algo más profundo y no tan evidente.

Las fallas del concreto son atribuibles a numerosas causas las cuales pueden sólo afectar la apariencia de una estructura, pero también pueden indicar daños estructurales significativos o falta de durabilidad. Por ejemplo, fisuras que pueden ser aceptables para un edificio residencial pueden no serlo para una estructura para almacenamiento de líquidos. Por eso es de gran relevancia la observación continua de este tipo de fallas. Una vez que el acero de refuerzo ha estado en contacto continuo con el líquido, inicia un proceso de corrosión que no es visible rápidamente, pero que es expansivo y muy dañino para la estructura en término de pérdida de sección tanto del acero como de la estructura de concreto alrededor.

Las fallas, ya sean fisuras, desgaste, o deformaciones sólo se podrán reparar correctamente si se conocen sus causas y si los procedimientos de reparación seleccionados son adecuados; de lo contrario, las soluciones planteadas serán de corto plazo. Los procedimientos de reparación exitosos a lo largo del tiempo son aquellos que atacan no sólo las propias fallas sino también las causas. Ver figuras 11 y 12.



Fig. 11 Agrietamiento en la pared de una piscina



**Fig. Agrietamiento de una piscina**

# Metodología

## Evaluación

Permite evaluar, desde el punto de vista estructural, las diversas fallas que presenta el depósito. Se procede por medio de la observación, mapeo y medición según lo que a continuación se describe:

- Observación, estudio y medición de los diversos tipos de fallas, mediante visitas a campo: Medición de su longitud (cuando sea posible), inclinación, profundidad, análisis del estado global de la piscina, deformaciones visibles en sus alrededores.
- En caso de no ser posible la medición exacta, se procederá a hacer un mapeo y colocar sobre un dibujo a escala las fallas que presenta, sobre todo agrietamientos.
- Examinar presencia de corrosión del acero, registro de señales de deterioro como descascaramientos, armaduras expuestas o con el recubrimiento en proceso de desprendimiento, manchas de óxido.
- Toma de medidas para realizar esquemas que se complementan con fotografías que documenten la condición de la estructura en el momento de la investigación. Aún cuando se cuente con planos se hará la medición ya que podrían haber discrepancias entre lo que se plasmó en el plano versus lo que realmente se ejecutó. Las medidas se tomarán con cinta aún cuando esto implique un alto grado de incertidumbre debido al método, ya que es lo más práctico y aplicable en este tipo de inspección.
- Adicionalmente otras pruebas que pueden ser aplicadas: golpear la superficie con un martillo lo cual permite identificar la fisuración laminar próxima a la superficie. Retiro del recubrimiento de concreto en caso de ser necesario,

raspado en la grieta para determinar profundidad. Lo anterior únicamente si las condiciones lo ameritan y permiten. Eventualmente podría ser retirada la pintura o la vitrocerámica de considerarse necesario.

- Medición de la deformación aparente de cada uno de los lados del perímetro de la piscina.
- Llenar un formulario previamente elaborado para hacer un perfil de la piscina observada. Se archivará el historial, se hará bitácora de lo observado, de modo que quede evidencia de la inspección realizada.
- Entrevistas a usuarios: Conocer cuáles son sus antecedentes de fallas, proceso constructivo e historia desde el punto de vista del propietario y/o usuario de la piscina, recopilación de datos de cómo se construyó, en qué época y condición climática, procedencia del concreto y modo de preparación, curado, proceso de colado, etc. La metodología de la entrevista sería por pautas o guías. Se establece por una lista de puntos que se van explorando en el curso de la entrevista. Las preguntas son del tipo abiertas; permite al entrevistado responder de manera amplia sin salirse del tema que se está tratando, en este caso, su experiencia en el proceso constructivo así como la observación de la aparición de las diversas fallas, su tiempo de aparición, mantenimientos que se han realizado, etc.

## Diseño

Con el diseño establecer modelos actualizados para las estructuras existentes. Se usa metodología de diseño convencional descrita a continuación, siempre adecuándose a piscinas que se requiere reestructurar:

- Estimación de las solicitudes o acciones: Identificación de las acciones que se considera van a incidir o que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentra, por ejemplo,

las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva. Acciones accidentales como lo es el sismo, que además, en el caso de tanques, existe también los efectos por las cargas convectivas e inductivas producto del movimiento del líquido durante el evento y su efecto sobre los muros y losa de fondo. Determinar influencia del suelo sobre la losa mediante análisis de viga elástica de fundación.

- Análisis estructural: Procedimiento que lleva la determinación de la respuesta del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que puedan incidir sobre dicho sistema. La respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada; está en función de sus propias características y puede expresarse por deformaciones, agrietamiento, vibraciones, esfuerzos, reacciones, etc.
- Seleccionar un modelo teórico y analítico factible de ser analizado con los procedimientos de cálculo disponible.
- Determinar las acciones de diseño. Para este proyecto se hará énfasis en el uso del ACI350, Código Sísmico CSCR-2010 y Código de Cimentaciones (Segunda Edición)
- Determinar la respuesta de las acciones de diseño en el modelo elegido para la estructura. Es necesario obtener los elementos mecánicos y los desplazamientos en el sistema estructural.
- Comparar resultados teóricos de diseño con las fallas presentes en las estructuras existentes.

- Verificación de los procedimientos constructivos usuales en el mercado. Visita a proyectos en construcción donde se pueda observar con detalle cuál es el proceso constructivo utilizado para realizar la obra inicialmente y determinar posibles errores.
- Análisis y posible redefinición o perfeccionamiento.
- Investigación y desarrollo a partir de lo observado para inferir como proceder en el caso de piscinas ya existentes. En este punto, particularmente, se hace uso de la observación, análisis y deducción, apoyado en investigación por medio de revistas, periódicos o libros de ingeniería que permitan establecer con claridad el procedimiento que se implantará como el adecuado.
- Investigación de alternativas constructivas para los diversos tipos de fallas.

## **Proceso constructivo para reestructuración**

Proponer un proceso constructivo para finalizar modelo de reestructuración, que se define como investigación, análisis y diseño de proceso constructivo adecuado para dar solución a los problemas encontrados. Se procede de tres formas:

# Resultados

## Resultados generales

Los resultados obtenidos de la investigación, visitas de campo y entrevistas arrojan el siguiente panorama de lo que actualmente se vive en Costa Rica sobre el mantenimiento y/o reestructuración de piscinas en términos generales. Estos resultados se presentaron a nivel general en las instituciones que fueron visitadas: CATIE, Comité Cantonal de Deportes de Cartago, Comité Cantonal de Deportes de Naranjo, Comité Cantonal de Deportes de San Ramón, Comité Cantonal de Deportes de Palmares, Ciudad de los Niños, UCR Turrialba.

## Proceso constructivo aplicado en el sector

Cuando se ejecuta un nuevo proyecto habitacional donde se incluye una piscina se recurre a empresas especializadas en construcción y operación. Se encargan de todo el proceso, incluyendo en muchos casos el diseño estructural y mecánico.

En esta sección se toman argumentos brindados por representantes de empresas que se dedican a construir y reparar piscinas.

Se ha observado diferencias de criterio entre los que se dedican a esta actividad, cada quien argumenta según su conocimiento y experiencia lo que considera más oportuno en la ejecución de este tipo de proyectos.

Los razonamientos que se han encontrado son los siguientes:

- Es más fácil y sencillo construir piscinas en mampostería porque los posibles errores pueden ser corregidos, caso contrario, en piscinas de concreto en las cuales es difícil el proceso de modelado y curado.

- La colocación del acero de refuerzo vertical, en el caso de las construidas con mampostería, se coloca cada 20 ó 40 cm (eso es un criterio basado en la experiencia), grado 40, varilla #3. El refuerzo horizontal puede ser #2 ó #3 y se coloca en cada hilada.
- Las piscinas no requieren de drenajes adicionales en sus muros; para que éstas toleren la presión externa de suelos y agua lo que se coloca en su fondo es un dren con una válvula presostática que libera la presión cuando es requerido.
- El concreto utilizado para su construcción debe tener una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>.
- La chorrea de los muros debe ser uniforme y en un solo tiempo para evitar que queden juntas frías.
- La colocación de las tomas de retorno puede ser a media altura del muro o en su extremo superior.
- La construcción del canto redondo permite que la unión muro-losa de fondo quede impermeabilizada y a su vez facilita la labor de limpieza una vez que entre en operación. Éste es exigido por el Ministerio de Salud en el caso de piscinas públicas, ya sean recreativas o de competencia.

## Diseño

En lo que se refiere al diseño hay diferencias entre los proveedores.

Para el caso del diseño mecánico, existen algunos códigos que dictan las velocidades de flujo, especialmente la succión de la bomba para evitar atascamiento y en el caso del resto de la distribución mecánica el diseño se basa en manejar la menor cantidad de pérdidas y generar

la menor presión posible. Sin embargo, para cálculo de equipos, cantidad de accesorios y su distribución así como la instalación, éstos quedan sujetos a la experiencia de quien asesora en este campo.

Para el diseño estructural como tal no hay una normativa aplicada explícitamente para piscinas, los organismos dedicados a esta actividad no se refieren a este punto en particular. Entre los que se indagaron están la FINA, NSFP y Ministerio de Salud.

## **Mantenimiento de rutina**

El mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, es basado en la experiencia y en lo que algunos entes reguladores dicten, como es el caso de la NSFP que da sus recomendaciones y protocolos, en Costa Rica, el Instituto Nacional de Aprendizaje, para formar a los operadores de piscina y el Ministerio de Salud que cuenta con su reglamento para la regulación de la actividad. Todos dan lineamientos para procurar el mejor desempeño de los equipos y de las instalaciones así como la adecuada sanitización tanto de la piscina como de los vestidores y entorno.

Cuando existe un problema asociado a la estructura del vaso o sus alrededores, se desconoce su solución o se opta por medidas empíricas sin examinar a fondo si hay otras complicaciones asociadas. Ocurre con frecuencia

en las siguientes situaciones: daño del acabado, cuando hubo fuga ya sea del depósito o de la tubería o si algunas de las obras complementarias se deteriora (gradas, aceras, borde, accesorios empotrados). Lo mismo aplica a los equipos.

## **Énfasis en mantenimiento químico**

La mayor preocupación respecto al mantenimiento de piscinas está alrededor del mantenimiento químico del agua así como de la limpieza física del vaso, esto debido a que el Ministerio de Salud así lo exige. Sin embargo, no hay requerimientos en cuanto al estado estructural del vaso, no hay normativa que lo regule, los administradores así como los operadores no tienen formación que les permita tener un criterio sobre este tema.

## **Seguimiento inadecuado de eventos**

Se da poco o ningún seguimiento a los efectos causados por eventos que afectan a la estructura como lo son los sismos, fugas o deterioro de la superficie.

# Resultados específicos

## CATIE

Piscina ubicada dentro de la Institución, construida hace más de 40 años. Referirse a la figura 11. Ha tenido un buen desempeño, sin embargo, después de un sismo tuvo un agrietamiento.

Ha tenido un adecuado mantenimiento desde el punto de vista químico, no obstante, al tener esta falla surge la preocupación sobre el criterio técnico que aplica para reestructurarla, sobre todo cuando la Institución se ve en la necesidad de modificar su profundidad, por lo que temen que esa modificación incremente el efecto de la falla presente.



Fig. 11 Instalaciones del CATIE

Como se pudo observar en la visita de campo, la piscina presenta agrietamiento, por lo que se procede a realizar el chequeo de su entorno, y de sus grietas; se entrevista a quienes están a cargo para conocer un poco sobre historia. Observar figuras 12,13,14 y 18.

Hasta el día de hoy la grieta no ha recibido tratamiento alguno debido a la falta de un criterio

de ingeniería que permita tener claridad sobre el procedimiento adecuado.

El alcance del proyecto permite una valoración del tipo cualitativa, sin embargo, se pueden sugerir pruebas con instrumentación que amplíen el criterio de evaluación. Mediante la visita y entrevista se obtuvo los siguientes datos:

- Los mantenimientos que se le han realizado son básicamente de pintura y lo habitual de una piscina de su tipo: limpieza física, mantenimiento de los equipos y mantenimiento químico del agua. Los parámetros químicos del agua son continuamente monitoreados y controlados. Referirse a las figuras 16 y 17.
- Datos de la grieta: está ubicada a una a 13 m de uno de los bordes con una longitud de 1.65m.
- No cuentan con estudio de suelos en la zona de la piscina.
- No se cuenta con planos constructivos o bitácora.
- Edad de la construcción: 40 años.
- Ausencia de nivel freático.
- Tiene algunas deformaciones en las aceras circundantes. Ver figura 15.
- Balance del agua adecuado, sin variaciones importantes en sus parámetros.



**Fig. 12** Grieta formada desde la superficie y que se extiende hasta el otro extremo de la piscina.



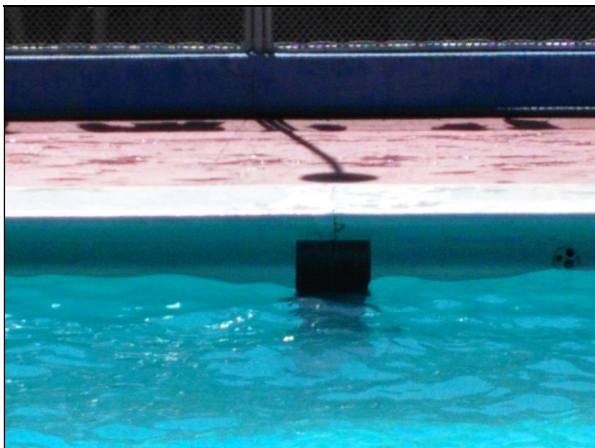
**Fig. 15** Grieta que recorre desde la superficie hasta el extremo opuesto de la piscina



**Fig. 13** Grietas vista desde la superficie



**Fig. 16** Equipo de bombeo



**Fig. 14** Grieta vista desde el extremo opuesto



**Fig. 17** Equipo de filtración

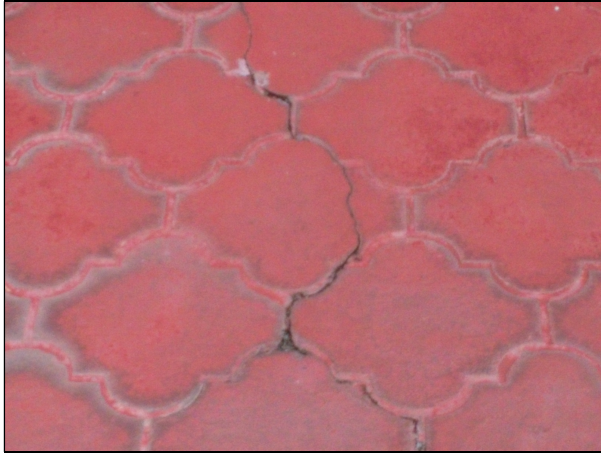


Fig. 18 Grieta vista desde acera

## Comité Cantonal de deportes y Recreación de Cartago

La construcción de la piscina se da en 1998 motivada por la ejecución de los Juegos Nacionales ese mismo año.

Desde su inicio ha presentado algunas deficiencias, tal es el caso de agrietamientos y fugas que siempre se asumió se encontraban por los desnatadores, pero que jamás se cuantificó su daño ni el consumo en términos económicos de agua o de químicos de mantenimiento. Algunas de estas grietas parecen haber sido tratadas previa o posteriormente al colado de la vitrocerámica, finalizando el proceso constructivo, ya que ésta jamás se ha dejado sin agua y no ha tenido un mantenimiento en este sentido. Ver figura 19.

Para el año 2014 se construyó sobre esta instalación deportiva el techado completo, lo que además evidenció la necesidad de detectar las fugas para proteger su cimentación. (Ver figuras 27 y 28). En ese momento se da la búsqueda y excavación en cada uno de los skimmers, suponiendo que se localizaban en algunos de ellos, según la experiencia del operador de la piscina. Finalmente, se encontró que los desnatadores habían fallado en el codo, donde se evidencia que pueden haberse dañado por los efectos de asentamientos y/o posibles movimientos del suelo (hinchamiento y

contracción) que se estaban dando provocaron que la falla fuera en la zona más frágil del accesorio.

Una vez que comenzó su operación hubo fugas importantes, lo cual daba severos problemas al tratamiento del agua, su balance no estaba adecuado ya que mantenía su acidez y alcalinidad con valores muy por debajo de lo permitido y provocaba el desprendimiento del acabado cuando se hacía la limpieza física (cepillado y aspirado).

A continuación se describe los hallazgos de las visitas realizadas a esta instalación deportiva:

- La mayoría de las grietas presentes en el fondo fueron tratadas inmediatamente después de la construcción. Ver figuras 20 y 25.
- Algunas han ido surgiendo con el paso del tiempo y tienen un patrón de comportamiento en conjunto con las que sí fueron tratadas.
- Hay deformación evidente en uno de los bordes de 50 m de longitud, donde estaba la fuga de los desnatadores. Ver figura 22 y 26.
- Junta de construcción ubicada a 1.70 m a lo largo y ancho de la piscina. Ver figuras 21, 23 y 24.
- Desprendimiento del acabado tanto en zonas agrietadas como en las que no (muros laterales). Ver figura 25.
- En algunas zonas puede verse muy fácilmente el agregado expuesto.

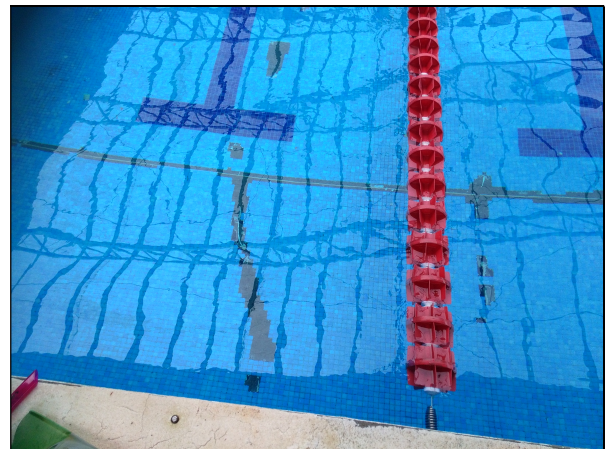
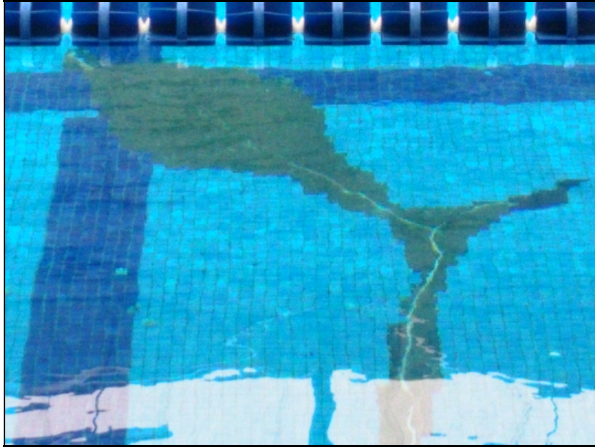
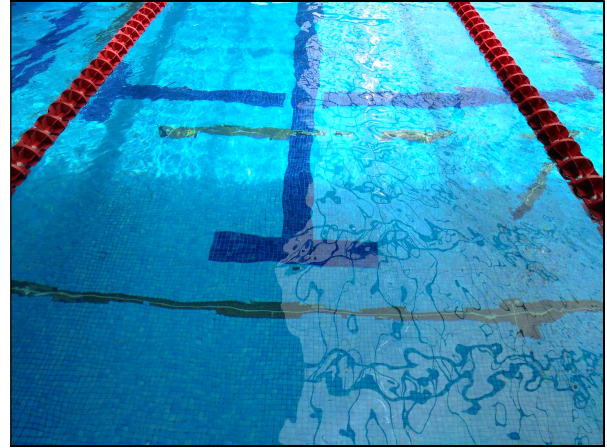


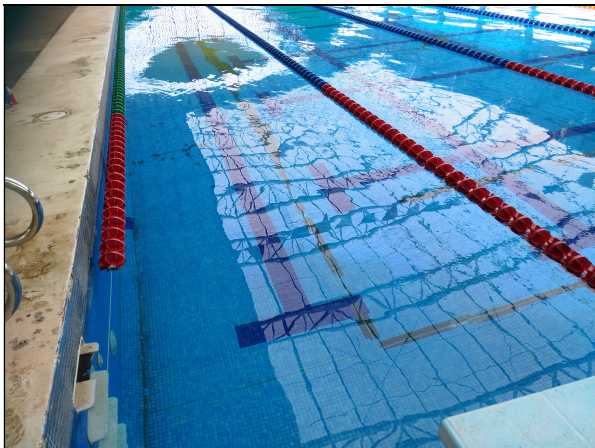
Fig. 19 Agrietamiento visto desde el borde de inicio de las carrileras



**Fig. 20** Agrietamiento en la zona de mayor profundidad



**Fig. 23** Junta de construcción vista desde el lado corto (ancho)



**Fig. 21** Junta de construcción presente a lo largo y ancho de la piscina



**Fig. 24** Junta de construcción desde otro ángulo



**Fig. 22** Deformación en uno de sus lados



**Fig. 25** Zona de agrietamiento tanto ya tratado como nuevo sin tratamiento



**Fig. 26** Área verde aledaña a la piscina que ha sufrido asentamiento debido a la fuga que estaba de ese mismo lado.



**Fig. 29** Equipos de bombeo y filtración de piscina pedagógica



**Fig. 27** Momento en que se inició la construcción de las placas de fundación y se evidenció el problema del agua



**Fig. 30** Equipo de bombeo de piscina olímpica



**Fig. 28** Construcción de placa de fundación para el techado



**Fig. 31** Equipo de filtración de piscina olímpica

En esta institución sí se cuenta aún con los planos constructivos, no así con la bitácora, por lo que parte de las evidencias del estado general de la piscina estarán basados también en las experiencias vividas por otros involucrados en el proceso constructivo y de operación de estas instalaciones.

Hallazgos en planos para la piscina olímpica que se consideran importantes y que posteriormente se hará su respectivo análisis:

- Recubrimiento del acero de la losa fue especificado de 5 cm
- Recubrimiento de los muros fue especificado de 2.5 cm
- Fue especificado colocación de drenajes laterales en conjunto con geotextil y tubería de drenaje.
- Entre la unión losa-muro se especificó un waterstop
- Para la losa se especificó doble malla electrosoldada.
- Resistencia del concreto especificado: 210 kg/cm<sup>2</sup>
- En todas las juntas de construcción se especificó usar waterstop
- En detalles sobre la distribución de la piscina en cuanto a accesorios se especificó: 4 escaleras de empotrar, 16 boquillas de retorno, 4 tomas de aspiración. Todos los anteriormente mencionados equidistantes y distribuidos a lo largo de los 50 m.
- Datos relevantes que fueron facilitados mediante entrevista realizada a Don Adrián Rojas, operador de la piscina, con 15 años de laborar para esta institución:
- Suelo era fangoso, para la maquinaria que ejecutó la excavación fue difícil maniobrar.
- Cuando se ejecutaba el proceso constructivo de la losa del fondo y debido a las inspecciones se encontró que las dimensiones de campo no correspondían con las de sitio y había que añadir un poco más de lo que ya estaba construido.
- Tuberías y accesorios tuvieron que ser cambiados de la posición que se especificó por las rocas de tamaño considerable que fueron halladas en el avance de obra.
- Mantenimiento se brinda únicamente a los equipos. Ver figuras 29,30 y 31.

Para el caso de la piscina pedagógica, presente a un lado de la olímpica, se observa en condiciones normales de mantenimiento y

operación. A lo largo de su operación el único inconveniente presentado fue hace algunos años cuando se desprendió el acabado original y hubo que efectuar la sustitución. Se trató de colocar mosaico convencional, el cual estuvo colocado alrededor de dos meses y comenzó a desprenderse, por lo que nuevamente se tuvo que proceder a la recolocación de uno específicamente diseñado para piscina, la vitrocerámica.

## Comité Cantonal de Deportes y Recreación Naranjo

Esta piscina fue construida en 1970 y desde ese momento no ha recibido ningún mantenimiento ni reparación en su reservorio. Ver figura 32 y 33. Está iniciando un proceso de contratación administrativa para el mejoramiento de los bordes, cambio de lugar de los trampolines, mantenimiento del equipo de bombeo y filtración.

Se encontró la siguiente evidencia en la piscina de esta comunidad:

- Poco conocimiento del mantenimiento de obra civil.
- Conciencia de la importancia en el mejoramiento de la infraestructura.
- Énfasis en lo estético y/o funcional sobre lo estructural.
- Trampolines mal ubicados.
- Mantenimiento a los equipos. Ver figuras 34 y 35.



Fig. 32 Vista lateral de la piscina y su entorno



Fig. 35 Equipo de bombeo de la piscina



Fig. 33 Vista de la piscina y sus alrededores



Fig. 34 Sistema de filtración de la piscina

## Comité Cantonal de Deportes y Recreación de San Ramón

Piscina construida construida en 1990, está bajo el amparo de la Municipalidad de San Ramón. Ver figuras 36 y 39. Fue clausurada en algunas ocasiones por el Ministerio de Salud por irregularidades en los parámetros de agua así como deficiencias en la estructura.

Los hallazgos encontrados en esta piscina son los siguientes:

- Se han ido reparando las zonas donde se ha desprendido el mosaico. Ver figura 37.
- No posee canto redondo por lo que a mediano plazo debe ser construido, según lo dispuesto por el Ministerio de Salud.
- La prioridad en el mantenimiento es el de equipos y químicos.
- No hay un plan de mantenimiento de la obra civil.
- Recientemente se sustituyeron los equipos de bombeo y filtración.



Fig. 36 Vista de una de las esquinas de la piscina



Fig. 39 Vista de la piscina desde una de sus esquinas

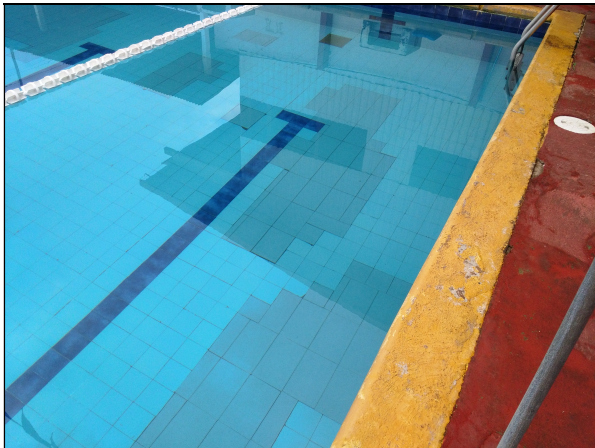


Fig. 37 Vista de la superficie donde se han hecho las sustituciones del acabado.



Fig. 38 Cuarto de máquinas donde se encuentra los equipos de bombeo y filtración.

## Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Palmares

Piscina construida en 1990, está bajo el amparo de la Municipalidad de Palmares. Ver figuras 40,41 y 42.

Los hallazgos encontrados en esta piscina son los siguientes:

- La prioridad en el mantenimiento es el de equipos y químicos.
- No hay un plan de mantenimiento de la obra civil.
- Hubo una fuga después del sismo de Cinchona, la cual según versión del operador de la piscina, se debió a la ruptura de una tubería por lo que se hizo un by pass y una tubería paralela para clausurar la que estaba dañada. No se realizaron más pruebas ni inspecciones para asegurar si la estructura estaba libre de daños.



Fig. 40 Vista desde el frente de la piscina



Fig. 41 Vista del fondo de la piscina



Fig. 42 Vista lateral de la piscina

## Ciudad de los Niños

Ciudad de los Niños cuenta con una piscina para el recreo de los chicos que habitan el sitio. Fue construida entre 1970 y 1975. Actualmente está a cargo de los profesores de educación física. Ver figura 43.

Los siguientes fueron los hallazgos:

- La pintura está severamente dañada por el uso de cloro granular aplicado directamente a la piscina. Ver figura 44.
- No fue posible visualizar si tiene mayores daños debido a que hace unos meses se le aplicó una capa de repello.
- El énfasis es el tratamiento químico y mantenimiento de los equipos. Ver figura 46.
- Poco conocimiento del mantenimiento de obra civil.
- Conciencia de la importancia en el mejoramiento de la infraestructura.
- Énfasis en lo estético y/o funcional sobre lo estructural.
- Los agrietamientos que presenta están ubicados en las losas perimetrales y no están presentes, de manera visible, en muros o fondo de la piscina. Ver figura 45.



Fig. 43 Vista desde el frente de la piscina

## Universidad de Costa Rica, Sede Turrialba

La sede de la UCR ubicada en Turrialba cuenta en sus instalaciones con piscina semiolímpica donde recibe diariamente entre 450 y 700 personas, la mayoría de los usuarios son las escuelas de la zona que imparten educación física en ésta. Ver figura 47.

Entre los resultados obtenidos está lo siguiente:

- Verdadera conciencia del mantenimiento de la estructura. Hace aproximadamente dos años se realizó la reparación de la losa del fondo, debido a que la pintura se deterioraba con facilidad. Una vez iniciada, la constructora a cargo, realizó pruebas de humedad y determinaron que era mejor retirar una parte de la losa y hacer una capa nueva donde finalmente se colocó vitrocerámica.
- Ocasionalmente hay desprendimiento de los cuadros de la vitrocerámica y son los mismos operadores quienes se encargan de pegar los nuevos.
- Adecuado y constante mantenimiento de los equipos y del tratamiento químico del agua. Las bombas ya han sido sustituidas. El filtro de arena se mantiene a pesar de su antigüedad. Ver figuras 48 y 49.
- Continua vigilancia de la superficie. Hay cisas que están albergando algas negras.
- Conocimiento profundo de la instalación. El operador de la piscina tiene diez años de darle mantenimiento.
- La piscina tiene una pequeña fuga desde 1995 sin saberse donde se encuentra y si es debido a las tuberías o a la estructura propiamente.



Fig. 44 Vista del fondo de la piscina, pintura dañada

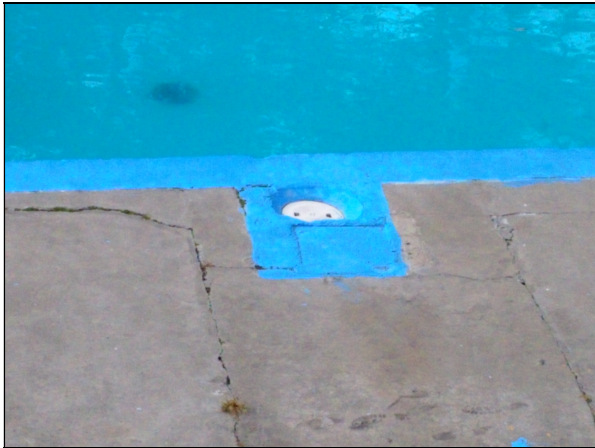


Fig. 45 Agrietamiento en los alrededores de la piscina.



Fig. 46 Equipo de bombeo y filtración



Fig. 47 Vista de la piscina



Fig. 48 Filtro de arena y grava.



Fig. 49 Equipos de bombeo

## Construcción de piscina recreativa Hotel Aloft

La piscina del Hotel Aloft (Skyscraper) fue construida hace cuatro meses. Estuvo a cargo de la empresa Global Pools en conjunto con AIE y su diseño fue responsabilidad de Zurcher Arquitectos. Ver figura 59.

La inspección por parte del hotel, fue designada al ingeniero Roy Muñoz, encargado del mantenimiento.

Los resultados de esta experiencia, según la versión del ingeniero, son los siguientes:

- Hubo discrepancias desde el inicio del proyecto por fallas en la comunicación y diferencias de criterio en cuanto al cumplimiento de la normativa vigente en el país. No se le construyó canto redondo en uno de sus lados, no se dejó borde antideslizante alrededor de la piscina, no quedó demarcación de la profundidad de ésta.
- Para construir, previamente tuvieron que hacer redistribución de tuberías de gas, aguas negras y agua potable que estaban en la zona donde se iba a construir. Ver figuras 50 y 51.
- La piscina tiene muros de mampostería y fondo de concreto reforzado. El ingeniero asume que esto se debe al criterio de diseño empleado.
- El acero de refuerzo vertical se colocó en cada celda de la mampostería y todas fueron rellenas con concreto. Ver figura 55.
- El acero vertical fue grado 40, diámetro 3/8".
- Las etapas en el proceso constructivo de la piscina fueron los siguientes:
- Excavación de la zona donde estaría ubicado el reservorio. Ésta se realizó manualmente debido a la presencia de tuberías que podrían ser dañadas.
- Reubicación de las tuberías de modo que quedara la zona libre.
- Colocación de concreto de sello en la superficie del suelo.
- Colocación de las previstas mecánicas. Ver figura 52.
- Colocación del acero de refuerzo en la losa del fondo.

- Chorrea de la losa con chompipa. Se realizó en una sola chorrea. Ver figura 53
- Pulido de la losa. Armado del resto de la armadura. Ver figura 54.
- Armado de los muros laterales. Ver figuras 55 y 56.
- Moldeo y chorrea de escaleras en concreto. Ver figura 57.
- Para finalizar la construcción se colocaron los acabados de la superficie y se hizo la instalación de los equipos en el cuarto de máquinas que es un espacio existente debajo de las escaleras exteriores que comunican a los jardines con la piscina. Ver figura 59.
- Colocación de acabado. Ver figura 58.



**Fig. 52 Colocación de previstas mecánicas y armado del refuerzo estructural.**



**Fig. 50 Excavación de la zona donde estaría ubicada la piscina.**



**Fig. 53 Chorrea de la losa del fondo de la piscina**



**Fig. 51 Re instalación de tubería existente**



**Fig. 54 Finalización de la losa**



Fig. 55 Levantado de los muros laterales en mampostería.



Fig. 58 Colocación de vitrocerámica



Fig. 56 Levantado de muros



Fig. 59 Equipo de bombeo y filtración.



Fig. 57 Construcción de escaleras y grada



Fig. 59 Vista desde los pisos superiores de la piscina

# Análisis de Resultados

Este apartado ha sido elaborado de manera que se analicen secuencialmente los resultados.

Se presentan los análisis tanto a nivel general como en los dos casos particulares que plantean retos importantes en su reestructuración y que son tomados como casos de estudio para una solución: CATIE y CCDR Cartago.

## Proceso constructivo aplicado en el sector

El proceso constructivo en este mercado tiene variantes de acuerdo con el criterio y experiencia de quien está a cargo del proyecto.

Se hará mención de cada uno de los criterios y lo que los códigos o normas establecen al respecto:

*“Es más fácil y sencillo construir piscinas en mampostería porque sus posibles errores pueden ser corregidos, caso contrario en piscinas de concreto en las cuales es difícil el proceso de modelado y curado”*

No existe una normativa o documento que se incline por uno u otro material para diseño o construcción de piscinas; si bien, la práctica y el diseño demuestran que para tanques profundos es preferible el concreto colado en obra sobre todo por aspectos de impermeabilidad, homogeneidad del sistema, mayor resistencia del concreto ( $f'c$  vrs.  $f'm$ ), densidad del recubrimiento, etc. La mampostería ofrece la “ventaja” de la improvisación, de la falsa sensación de que no es tan grave si un bloque se rompe, no se cuantifica el verdadero efecto de la mal colocación del acero de refuerzo, del diseño de la mezcla o del pegado y cisado. La construcción en mampostería es un proceso que requiere de controles muy exigentes para que no queden planos de falla a lo largo del muro.

Lo que sí existe son los lineamientos en cuanto a su diseño y construcción, donde cada material tiene sus condiciones específicas, tal y

como lo describe el Código Sísmico de Costa Rica, que establece apartados específicos para concreto estructural: Sección 3, Capítulo 8 (Requisitos para el dimensionamiento y detalle de especificaciones) y Sección 3, Capítulo 9 (Requisitos para mampostería estructural). Donde podría haber una “ventaja” de la mampostería sobre el concreto es en la logística en aquellos sitios de difícil acceso, pero como se pudo observar en el presente documento, las piscinas están en ubicaciones accesibles.

*La colocación del acero de refuerzo vertical, en el caso de las construidas con mampostería, se coloca cada 20 ó 40 cm (eso es un criterio basado en la experiencia), grado 40, varilla #3. El refuerzo horizontal puede ser #2 ó #3 y se coloca en cada hilada.*

Es un criterio sin un fundamento de ingeniería realmente sustentado, ya que cada diseño depende de las variables del sitio, de las cargas a las que será sometida la estructura, de su geometría y de la clase de mampostería que será usada para un proyecto de este tipo. No es un patrón o “receta”.

*Las piscinas no requieren de drenajes adicionales en sus muros, para que éstas toleren la presión externa de suelos y agua lo que se coloca en su fondo es un dren con una válvula presostática que libera la presión cuando es requerido.*

Generalmente se coloca en las piscinas una válvula para la liberación de la presión hidrostática en el fondo de la piscina, sin embargo, ésta no sustituye los drenajes recomendados para estructuras enterradas, tal y como lo indica el Código de Cimentaciones en el capítulo 6, punto 6.5.2.

*El concreto utilizado para su construcción debe tener una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>*

Este argumento es acertado para otro tipo de estructuras, el ACI 350 establece valores con un mínimo de 4000 psi (280 kg/cm<sup>2</sup>) para la resistencia a la compresión del concreto expuesto a aguas residuales u otros tratamientos de agua.

Por tanto, no puede asumirse como suficiente este dato para el caso de piscinas de interés público. Al respecto, aún cuando el CSCR 2010 establece que los requisitos para el diseño estructural debe cumplir especificaciones del ACI 318, éste permite el uso de normas más especializadas en el diseño de estructuras que así lo ameriten.

*La chorrea de los muros debe ser uniforme y en un sólo tiempo, para evitar que queden juntas frías.*

El criterio es acertado, sin embargo, en caso de ser necesario por razones de construcción o altura, debe considerarse juntas de construcción y éstas obedecen a un diseño ya establecido según ACI 504R. Incluso, si se chorrea por arriba de 2.50m de una sola vez, debe tenerse en cuenta el riesgo de segregación de los agregados al caer el concreto, también considerar presión en encofrados, posibilidad de densificar adecuadamente, etc. Por tanto, este aspecto no puede quedar sin haberse previsto antes de iniciar la chorrea.

*La colocación de las tomas de retorno puede ser a media altura del muro o en su extremo superior.*

No es parte del alcance de este proyecto determinar la altura a la cual estarán colocadas las tomas de retorno, sin embargo, cabe resaltar que no hay un criterio definido al respecto.

*La construcción del canto redondo permite que la unión muro-losa de fondo quede impermeabilizada y a su vez facilita la labor de limpieza una vez que entre en operación. Éste es exigido por el Ministerio de Salud en el caso de piscinas públicas, ya sean recreativas o de competencia.*

Si bien el canto redondo, también llamado rodapié de piscina, tiene el propósito de permitir una adecuada limpieza del fondo de la piscina, no es verdad que eso impermeabiliza la unión muro-losa. La unión muro losa debe estar diseñada según lineamientos establecidos por el ACI 504 en la cual se incluye la especificación para el diseño de los sellos o waterstops. ACI 350 lo menciona en su apartado R4.8.2.

## Diseño

*Para el diseño estructural como tal no hay una normativa aplicada explícitamente para piscinas, los organismos dedicados a esta*

*actividad no se refieren a este punto en particular. Entre los que se indagaron están la FINA, NSFP y Ministerio de Salud.*

Cuando una aplicación no aparece en la normativa del país, además de buscar los puntos en que de alguna manera se le mencione, es imprescindible documentarse con las normas internacionales, teniendo claro que deben incluir condiciones similares en cuanto a sismicidad, materiales de construcción, etc.

Los entes que dan el criterio técnico sustentable para el diseño de este tipo de estructuras son: ACI, CSCR 2010, Código de Cimentaciones y otros códigos que también son válidos para este fin como ASTM entre otros. Sin embargo, el Código Sísmico de Costa Rica 2010 establece en su Capítulo 1, punto 1.1 d "las disposiciones contenidas en este código representan requisitos mínimos en procura de un adecuado desempeño de las edificaciones ante el efecto de sismos". En su apartado 1.3 inciso d indica lo siguiente: "las disposiciones de este código buscan salvaguardar las edificaciones de los efectos de las vibraciones del terreno producidas por los sismos. No se consideran otros efectos nocivos de los sismos tales como asentamientos excesivos, deslizamientos, licuación de suelos o ruptura del terreo por falla superficial". Todo lo anterior indica que en el diseño de piscinas, puede recurrirse a varias normativas que sean especializadas en el tema de contención de líquidos y diseño sísmico.

En lo que hace énfasis la normativa nacional e internacional es en la señalización, obras complementarias (duchas, vestidores, bordes o aceras) y otros rubros.

## Mantenimiento de rutina

*El mantenimiento tanto preventivo como correctivo es basado en la experiencia y en lo que algunos entes reguladores dicten, como es el caso de la NSFP que da sus recomendaciones y protocolos. En Costa Rica, el Instituto Nacional de Aprendizaje, para formar a los operadores de piscina y el Ministerio de Salud que cuenta con su reglamento para la regulación de la actividad.*

Si bien estas organizaciones dan lineamientos consolidados sobre el cumplimiento de ciertas condiciones de operación de las piscinas, sobre todo públicas, no dan un lineamiento sobre cuál es el proceder en caso de

que una piscina presente una falla, por “pequeña” que ésta parezca y al no haber un marco regulador en ese sentido, no hay un plan establecido sobre la mitigación de los efectos que eso pueda tener ni un criterio técnico sustentado para, al menos, buscar a una empresa responsable que les dé el soporte necesario en la reestructuración del depósito. Por tanto, se debe recurrir a normas internacionales, al análisis estructural detallado, revisión de patrones de falla o deterioro, etc

Estas instituciones, antes mencionadas, se basan en el tratamiento químico del agua, condiciones de saneamiento en general cumplimiento de accesibilidad, entre otros aspectos.

## **Énfasis en mantenimiento químico**

Los piscineros u operadores de piscina están siendo formados para dar tratamiento químico al agua así como la limpieza física de la piscina

# Análisis de Resultados

## CATIE

Esta piscina después de un sismo sufrió un daño visible, el cual según el Sr. Juan Carlos Rojas data desde hace 5 años, por lo que debe ser revisada sobre el impacto que a lo largo del tiempo pudo haber ocasionado.

No se han detectado aún fugas importantes, sin embargo, vale la pena hacer una revisión completa para determinar si existe, o no. Escapa a los alcances y plazo correspondientes a este trabajo, por tanto quedará como una recomendación.

Se ha hecho énfasis en el mantenimiento de los equipos y del agua.

Don Juan Carlos Ramírez, Jefe de Servicios Generales y Producción, quien tiene 22 años de laborar para el CATIE, ha expresado su preocupación por un criterio de ingeniería que les permita establecer un mecanismo para hacer la debida reestructuración.

Se toma este caso para determinar en conjunto con la literatura existente un procedimiento que permita una valoración adecuada e implementar una solución real.

Para efectos de hacer un procedimiento que permita un adecuado diagnóstico y posteriormente proponer una solución, se recomienda seguir los pasos que se describen a continuación, aplicados al caso del CATIE en particular.

## Inspección del sitio

La revisión completa de todos los detalles presentes en la estructura y sus alrededores aporta información que debe ser luego tomada en cuenta en el análisis de las condiciones bajo las cuales ha estado en operación. Para tales efectos se realizó un formulario que sirve de guía en la inspección, complementario a esto es importante la toma de fotografías y medidas como

complemento al expediente que se está elaborando.

Las fallas presentes en estructuras de concreto obedecen a diferentes causas, por lo que cuanto más exhaustiva la toma de datos, más acertado será el diagnóstico, y se tendrá mejor base para definir los procesos correctivos.

Según Peter H. Emmons, autor del libro "Concrete Repair and Maintenance Illustrated" algunas causas y posibles formas de reparación, son las siguientes:

- Deficiencias: en el proceso constructivo, en el diseño o en los materiales empleados.
- Daño: por sobrecargas, sismo, fuego, derrame de sustancias químicas.
- Deterioro: congelación, erosión, corrosión de metales, reacción alcalina de los agregados y ataque de sulfatos.

Dado que no todos los aspectos están presentes en una piscina, puede pensarse en que se tomarán los siguientes:

- Deficiencias: en el proceso constructivo, en el diseño o en los materiales empleados.
- Daño: por sobrecargas, sismo, asentamientos diferenciales, obras aledañas efectuadas luego de concluida la obra.
- Deterioro: corrosión de metales, reacción alcalina de los agregados y ataque de sulfatos.

Las señales más evidentes de que existen problemas del orden estructural son:

- Fugas
- Asentamientos
- Deflecciones
- Desgaste
- Desintegración
- Agrietamiento
- Delaminación

Todos ellos válidos desde el punto de vista estructural para una piscina, sobre todo porque mantiene el agua durante toda su vida útil almacenada.

Según el mismo autor para determinar si procede la reparación y/o protección debe hacerse los siguientes cuestionamientos:

- ¿Es estructuralmente inadecuado?
- ¿Existen fugas?
- ¿Hay efectos sobre el ambiente?
- ¿Se requiere que sea estético?
- ¿Se procede a realizar una evaluación del alcance, las necesidades específicas del usuario y el análisis de la reestructuración?

El análisis de la reestructuración requiere de los siguientes pasos:

- Necesidades estructurales
- Efectos sobre la reestructuración
- Constructibilidad
- Efectos sobre el ambiente

Para el caso de las piscinas visitadas, y específicamente la del CATIE, la cual es caso de estudio y de donde se tomará la primera guía de análisis de estos cuestionamientos:

- ¿Existen fugas?
- ¿Se requiere que sea estético?
- Análisis estructural
- Constructibilidad

Todo lo anterior acorde con lo que el autor plantea.

Si bien explícitamente no se incluye el análisis estructural dentro del formulario, éste debe realizarse según las solicitudes para el momento de la inspección y hacerse la debida memoria de cálculo. Para presentar una adecuada solución al propietario de la piscina debe tenerse presente que a partir de este análisis se procede a determinar las posibles soluciones. Además, debe, obligatoriamente, ser factible de construir y con las expectativas o requerimientos estéticos solicitados por el cliente, salvo que se encuentre que no es posible lograrlo.

El Código Sísmico de Costa Rica 2010 establece en su capítulo 15, inciso 15.1 los siguientes lineamientos que son importantes en el caso de piscinas: “El diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de una edificación existente y su posterior adecuación sísmica

requieren del profesional responsable del diseño un conocimiento amplio de los parámetros que determinan el desempeño de la estructura ante la acción de los sismos”. Esto nos lleva a que si se hace una valoración del tipo estructural, debe conocerse a fondo los parámetros que establecen su desempeño.

Según lo determina el apartado 15.2, hay algunos puntos que en resumen deben considerarse:

- El modelo de la estructura es definido tomando en cuenta sus características reales. De ahí, la importancia de hacer el debido levantamiento del sitio. Este levantamiento comprende desde la verificación de las dimensiones reales de la obra, ubicación y características de obras complementarias, patrones de fisuración y agrietamientos, etc.
- Se debe realizar un análisis cualitativo que considere lo que en el sitio se presenta, tales como irregularidades, daños, etc.
- Se debe realizar análisis de sismo de acuerdo con las condiciones actuales. Queda a criterio del diseñador si reduce el factor de resistencia con base en la cantidad de años que tiene la estructura.

Mediante la reestructuración de una piscina, se puede alargar el tiempo de vida útil. Los propietarios de piscinas en términos generales no esperan construir nuevas instalaciones salvo que realmente se requiera, después de un meticuloso examen que dictame que debe ser así. Es lógico que los propietarios o administradores de sitios con piscinas busquen una alternativa económica, por lo que todo criterio debe estar muy profundamente justificado.

La norma ACI350, capítulo 20, establece lo siguiente para el caso de estructuras existentes: “Para una estructura deteriorada, la aprobación de una prueba de carga no puede ser asumida sin límites en términos de tiempo. En tales casos, una inspección periódica y un programa que involucra además pruebas físicas puede justificar un período más largo en el servicio.

Otra opción para el mantenimiento de la estructura, mientras que el programa de inspección periódica continúa, es limitar la carga viva a un nivel determinado que es apropiado.

La duración del período especificado debe basarse en la consideración de la naturaleza del problema, efectos ambientales, historial de los efectos de carga, servicio de la estructura, y el alcance del programa de inspección periódica”

Al final de un lapso especificado, la evaluación dará si la estructura puede permanecer en servicio”

Todo lo anterior indica, desde el punto de vista de la norma ACI350, que para efectos de una verdadera evaluación debe tenerse un plan donde exista un periodo de evaluación, observación y pruebas para determinar los pasos a seguir. En el caso de piscinas en operación, debe mantenerse un plan de mantenimiento, sea éste o no con pruebas, donde se mantenga de forma permanente bitácora de los cambios, ya sea que se manifiesten como grietas, deformaciones, asentamientos, desprendimiento de los acabados, fugas (sea en tuberías o en el vaso propiamente) por decir los más comunes.

Para las observaciones el agua debe estar cristalina y balanceada. En caso de estar turbia o sucia se le dará tratamiento y posteriormente se hará la inspección. Bajo ninguna circunstancia se hará inspección en agua que se encuentra contaminada por algas, turbia o sucia. Tampoco podrá hacerse en medio de un tratamiento de floculación.

La exploración visual ofrece un panorama de lo que puede estar afectando la estructura, para lo cual debe hacerse el debido mapeo, mediciones, tocar las grietas, tomar fotografías. Idealmente en zonas donde se sospeche de corrosión debería removerse parte de la superficie con el fin de verificar el grado de deterioro. Si no es posible, al menos debe retirarse un poco de la superficie, así como determinar, por medio de golpes, zonas huecas. Esta es la forma más económica de hacer un diagnóstico preliminar, bastante certero si se tiene dominio del análisis estructural. En caso de que el usuario desee un examen más exacto puede, indudablemente, recurrir a pruebas experimentales, como ya se había mencionado anteriormente.

Para el caso específico del CATIE se observó cada detalle tanto dentro del depósito como en sus alrededores. Se llenó el formulario que se confeccionó para tal fin. Además, se entrevistó tanto al encargado del mantenimiento como al operador de la piscina. Ver anexos.

En esta etapa se establece las señales de falla que presenta la piscina y que fueron mencionadas al inicio. Se documentan y forman parte de un registro que posteriormente dará el panorama completo de la reestructuración, máxime tomando en cuenta que no se cuenta con

planos constructivos ni estudio de suelos. Ahí radica la importancia de la adecuada toma de datos, su registro e interpretación.

## Memoria de Cálculo (Diseño)

La memoria de cálculo lo que pretende es establecer las condiciones de servicio que actualmente soporta la estructura ya que toda reparación debe ser capaz de resistir los esfuerzos a los cuales está sometida la piscina.

Dentro de la memoria de cálculo debe establecerse el análisis estructural en conjunto con los parámetros dados por el Código Sísmico de Costa Rica 2010 y lo de otras normativas que apliquen.

Las reparaciones que realmente pueden alargar la vida útil de una piscina y permitir que ésta recupere su desempeño ante un sismo valoran las condiciones de carga, de lo contrario, cualquier reparación será sólo un parche de algunos años, tenderá a fallar nuevamente en la misma zona. Normativa que la autora sugiere y toma de referencia: ACI350.

Las variables por considerar son las siguientes:

- Dimensiones
- Peso del agua almacenada
- Clasificación del suelo
- Zona sísmica
- Sitio de cimentación
- Periodo de retorno
- Aceleración pico efectiva
- Peso específico del suelo
- Clasificación por importancia
- Factor IP
- Clasificación de sistema estructural
- Ductilidad Global Asignada
- FED
- Regularidad en planta
- Regularidad en altura
- Ductilidad local
- Todos los datos anteriores son mencionados en el Código Sísmico de Costa Rica 2010. De lo anterior, el CATIE tiene lo siguiente:
- Dimensiones (SI)
- Peso del agua almacenada (SI)
- Clasificación del suelo (NO)
- Zona sísmica (SI)
- Sitio de cimentación (SI)
- Periodo de retorno (SI)

- Aceleración pico efectiva (NO)
- Peso específico del suelo (NO)
- Clasificación por importancia (SI)
- Factor IP (SI)
- Clasificación de sistema estructural (SI)
- Ductilidad Global Asignada (SI)
- FED (NO)
- Regularidad en planta (SI)
- Regularidad en altura (SI)
- Ductilidad local (SI)

Además debe determinarse el empuje activo del suelo, mediante el conocimiento del peso específico del suelo, su coeficiente de empuje activo y la altura a la que se valora el empuje. La teoría de este cálculo se encuentra en el Código de Cimentaciones Segunda Edición. Como el CATIE no cuenta con estudio de suelos, se podría, de manera preliminar, asumir los datos, sin embargo, lo realmente confiable es tenerlo.

También debe determinarse la carga sísmica; ésta depende de las siguientes cargas presentes:

- Carga convectiva
- Carga impulsiva
- Carga sísmica debido al empuje del suelo

Para el caso del CATIE al no contar con el estudio de suelo no se conoce la aceleración pico efectiva para calcular la carga sísmica debida al empuje del suelo. Para un examen preliminar puede asumirse esa variable.

En el caso de las cargas convectivas e inductivas, éstas están relacionadas con la geometría del depósito por lo que sí pueden ser calculadas. El cálculo de cargas convectivas e inductivas puede ser tomado del ACI 350 ó de GSDMA Guidelines for Seismic Design of Liquid Storage Tanks.

Todo lo anterior cuenta tanto para los muros como para la losa del fondo. Este análisis puede realizarse con hoja de cálculo convencional o con software especializado.

En el caso de que una piscina vaya a estar varias semanas o meses sin agua la hace vulnerable a los efectos que le provoquen las cargas aplicadas en una condición más crítica que si estuviera llena, por lo cual debe evaluarse si puede resistir esta condición.

Debe además revisarse la losa del fondo de la piscina, es muy importante tener las propiedades del suelo ya que afecta directamente el rendimiento de ésta. Al no contar con planos

constructivos se debe recurrir a la inspección visual y determinar si hay señales de posibles asentamientos y añadido a esto, si existe desgaste del concreto. Para el caso específico de la piscina del CATIE, la grieta está a lo ancho de la losa y sube por los muros, por lo que debe contemplarse el diseño de esa franja tanto en el fondo como en los muros, como una viga que tendrá que sumarse al comportamiento estructural del resto de la piscina. Para este diseño rige lo que indique el Código Sísmico de Costa Rica 2010 y ACI 350.

## Reestructuración: pasos

La reestructuración requiere de procedimientos minuciosos donde se debe conocer a fondo cómo interactúa el concreto antiguo con el que se colocará y además lo que está ocurriendo ante las señales de falla de éste. Para una verdadera solución no es suficiente colocar un agente cementicio en la grieta, por lo que en adelante se hablará de soluciones donde se requiere exploración, sustitución tanto de concreto como del acero, protección de la superficie y selección adecuada de los materiales.

Efectivamente, se solicita que la piscina esté vacía, de ahí la importancia de determinar previamente si tolera su condición más crítica: estar sin agua. Sin embargo, siempre que se consideren soluciones donde no deba sustituirse o destruirse estos elementos, y pueda añadirse sección, se harán de forma que puedan actuar de manera conjunta para las sollicitaciones de carga de la estructura.

Peter H. Emmons <sup>1</sup> plantea que debe seguirse una estrategia para la reparación que comprenda cuál es el mecanismo de falla del concreto para seleccionar adecuadamente los materiales que estarán sustituyendo o agregándose a la sección dañada.

En términos generales el acero de refuerzo es el que sufre más debido al agrietamiento. Una vez que el agua lo toca inicia un proceso de corrosión, el cual conforme crece, deteriora aún más la superficie del concreto y el diámetro de éste, perdiendo capacidad de carga. De ahí la importancia de controlar el agrietamiento.

Para el caso del CATIE, dado que es una zona definida y bien delimitada la que se encuentra afectada, se puede recurrir a

soluciones menos invasivas como es reforzar la zona que sufrió daño estructural por el sismo.

## Procedimiento de reforzamiento

Una vez realizado el análisis estructural que determina dimensiones de la viga de refuerzo sobre la fisura, se procede a elaborar propuesta constructiva. Para el caso del CATIE, ver figura 60.

En el caso específico de piscinas es muy importante tener consciencia de que cualquier daño a la losa es difícil de reparar y por tanto, sólo mano de obra calificada puede ejecutar dicha tarea.

El material por definir para este elemento debe cumplir con las siguientes especificaciones:

- Baja contracción
- Poco permeable
- Con resistencia a la compresión de al menos 4000 psi (280 kg/cm<sup>2</sup>)
- Relación costo/beneficio aceptable
- Disponible en el mercado y que se tenga experiencia previa en la aplicación de éste.

Ejemplo de este material puede ser concreto modificado con reductores de agua, con resinas epóxicas o acrílicas siempre que tengan muy baja contracción para tener control sobre el agrietamiento. Al ser un elemento del orden estructural rige sobre todo la resistencia a la compresión.

Una vez seleccionado el material y las dimensiones de la viga por colocar, se procede a determinar cuál es el proceso de reestructuración.

Para que exista adecuada adherencia entre el concreto existente y el nuevo, se debe establecer previamente cómo se logrará ese propósito.

Tanto en entrevista con uno de los proveedores como en la obra del Ing. Peter H. Emmons <sup>1</sup> se resalta la importancia de una correcta preparación de la superficie, ya que eso garantiza una adecuada adherencia.

Para el caso específico del CATIE debe removerse la pintura completa así como el repello. Esto permite que la superficie tenga mayor porosidad y penetre de mejor manera el material recién colocado.

Una vez hecho este paso, se prosigue con la colocación de la formaleta y posterior chorrea del concreto.

Para la unión viga-losa se recomienda pernos de anclaje debidamente ubicados, definidos previamente en el diseño, de modo que antes de la chorrea ya se tenga su distribución, se hayan perforado los sitios donde se colocarán y se tenga la resina epóxica que se le inyecte.

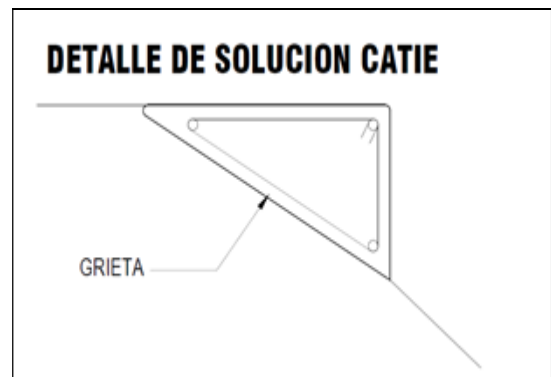


Fig. 60 Detalle de Solución en CATIE

# Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Cartago

Esta piscina presenta un verdadero caso de estudio, muy enriquecedor desde el punto de vista de la reestructuración como tal. En ella se muestra un comparativo entre lo especificado y lo que los códigos señalan. Cabe señalar que en Costa Rica no es muy frecuente que se siga el ACI 350. Sin embargo, cada día los propietarios de piscinas son más exigentes con las normas de diseño implementadas en sus piscinas.

## Especificaciones

Descripción del Parámetro	Según Planos	Según ACI350
Resistencia a la compresión	210 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
Recubrimiento losa (suelo)	7 cm	7,62 cm
Recubrimiento losa (agua)	5 cm	5,08 cm
Recubrimiento muros	2,5 cm	5,08 cm

Fig. 61 Comparación parámetros de diseño

La tabla anterior (Figura 61) muestra las diferencias entre lo que se especificó para esta instalación contra lo establecido por el ACI 350, según las tablas 4.2 y 7.7.1. de este reglamento.

Esto evidencia que el ACI 350 es más riguroso en los criterios de diseño empleados, tanto en la resistencia del concreto como en sus recubrimientos que el ACI 318. Se está asegurando la debida protección contra la humedad y el ataque químico del agua y del suelo sobre el concreto cuando está expuesto a estos agentes de forma permanente.

En los planos que se encuentran disponibles (Ver figura 62) se logra ver las siguientes especificaciones de diseño-construcción que resaltan y vale la pena hacer mención:

- Detalle de losa de fondo con muro de la piscina olímpica: se aprecia que no hay interconexión entre cimiento y losa.
- Detalles de conexiones entre muro y cimiento carecen de claridad en su especificación.

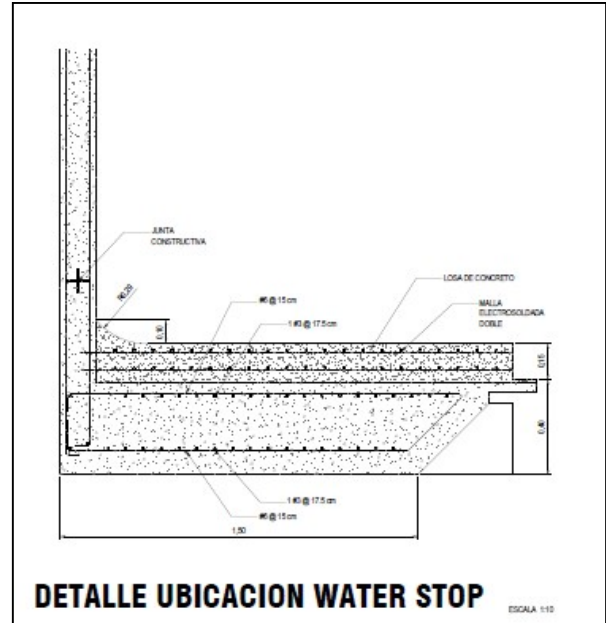


Fig. 62 Detalle de plano (waterstop, muro, losa, cimiento)

## Control de agrietamiento

El control del agrietamiento en un tanque de almacenamiento y en el caso en estudio, la piscina del Polideportivo de Cartago, el control del agrietamiento es un aspecto de suma importancia para proteger de corrosión y posterior pérdida de sección del acero.

El ACI 350 en la sección 10.6.4 da el lineamiento para el agrietamiento por servicio, el cual está definido de la siguiente forma:

$$Z = F_s \sqrt{d_c} * A$$

Donde:

Z: valor del ancho de la grieta

d<sub>c</sub>: recubrimiento

A: área del concreto efectiva de tensión.

El valor que se obtiene de la expresión es de 0.009 a 0.010in (0.225 a 0.254mm) como el ancho del agrietamiento máximo permitido.

Hoy la piscina de Cartago está presentando un agrietamiento, que además de numeroso, tiene dimensiones mayores a las establecidas por el ACI 350. Según el operador de la piscina, cada día que realiza la labor de aspirado y cepillado se desprende más zona de vitrocerámica donde precisamente se están formando o aumentando su dimensión las grietas de la losa.

Hay una notoria presencia de agrietamientos, algunos tratados con selladores y otros sin tratamiento de sello. No se tiene claro el motivo de este tipo de sello.

Se ha desprendido una importante cantidad de elementos de vitrocerámica, que en caso de que se deseen recolocar, es indispensable que se traten las fisuras o grietas y así evitar que continúe el desprendimiento, y con más énfasis: definir la condición real de la losa y así establecer si hay está comprometida su integridad estructural y durabilidad. Caso afirmativo se deberá corregir o restituir antes de cualquier otra acción.

Así se puede tener certeza de investigar o descartar los siguientes efectos:

- Corrosión por contacto con el agua. Este proceso se da de manera silenciosa y es a largo plazo. En el interior del concreto se está provocando que las diminutas partes que se desprenden del concreto producto de la oxidación vayan levantando la superficie.
- Pérdida de capacidad de carga. Una vez que el proceso de corrosión ha desgastado la sección de la barra, ésta deja de proveer la capacidad de tomar las cargas por flexión.

## Control de fugas

El control y eliminación de las fugas es otro de los aspectos relevantes y ausentes en esta piscina. Desde que fue construida, en 1998, estuvo fugando, según los registros del personal que labora en esta institución. Se presumía que era alguno de los desnatadores que había quedado mal instalado o que se había dañado.

Esta fuga provocó, desde el inicio de su operación, severos problemas para dar el balance de agua necesario debido a que continuamente tenía que rellenarse la piscina con agua del suministro. El pH del agua se mantuvo durante mucho tiempo en valores que oscilaban entre 6.5 a 6.8. Su alcalinidad estuvo alrededor de 40 ppm. Es decir, a pesar de ser agua de piscina, mantenía un nivel de acidez lo suficientemente elevado para dañar el mortero de pega de la vitro y de acelerar el proceso de corrosión en las barras del acero de refuerzo que ya tuvieron contacto con el agua en el caso de que estas barras estén de alguna manera siendo alcanzadas por el agua. Esta duda surge de la densidad de grietas en la cara vista de la losa.

Fue hasta el 2014, cuando se construyó el techo de las instalaciones, que se tomó la determinación de localizarlas con el fin de asegurar la cimentación de éste.



Fig. 63 Construcción de placa de cimentación del techo

## Juntas de construcción

Las juntas de construcción deben estar debidamente diseñadas y construidas de acuerdo con los lineamientos del ACI 504. Al respecto, el ACI350 establece lo siguiente: “Las juntas de movimiento (expansión y contracción) y la construcción articulaciones deberán estar diseñados para evitar el agrietamiento, astillamiento y corrosión de las armaduras. El número, separaciones, y detalles de las juntas deberán diseñarse teniendo plenamente en cuenta las propiedades físicas y la capacidad del relleno, sellado y waterstops para sostener los ciclos de deformaciones”.

En planos se identifica entre la unión de muro-losa la especificación de un waterstop, no así juntas de construcción en el resto de la losa. En la realidad esta junta está ubicada a 1.70 m de los bordes de la piscina. Se desconoce el motivo de la colocación de esta junta. Se maneja la versión de que hubo un error en el dimensionamiento de la piscina y esa sección se añadió posteriormente. No se tiene certeza de cual fue el diseño por emplear en la junta de construcción que en ese momento se utilizó debido a que la institución no cuenta con una bitácora para corroborar esta condición.

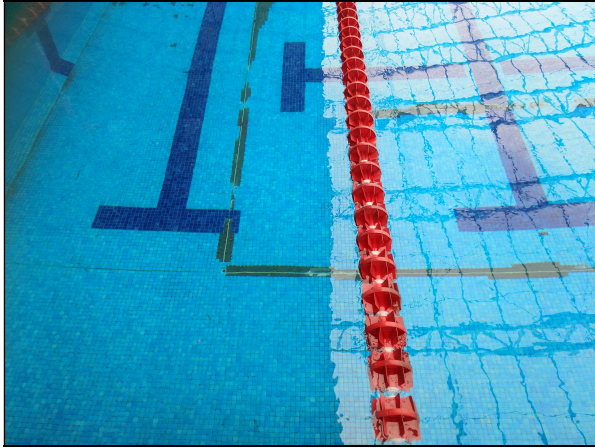


Fig. 64 Junta de construcción

## Desgaste de la superficie

Hay zonas donde es evidente el desgaste de la superficie, ya sea por la aparición de una fisura o por desprendimiento de la vitrocerámica y claramente es visible parte de los agregados del concreto utilizado.

Ese desgaste puede deberse al desbalance químico que sufrió durante años el agua, a un diseño de mezcla no apto para esta aplicación o a la presencia de la fisura que provoca movimientos en el concreto y al ser la vitrocerámica y el mortero de pega materiales no estructurales, con diferente módulo de elasticidad y sin conexiones para transmitir el flujo de cortante, ceden ante los esfuerzos que son sometidos debido a ese movimiento. Ver figura 64.

## Conocimiento previo del sitio de construcción

Por la entrevista realizada a Don Adrián Rojas se infiere que las condiciones del sitio no estaban totalmente claras, se tomaron decisiones en el momento de la ejecución de la obra, tales como el cambio de la ruta de la tubería y/o colocación de accesorios, la maquinaria tuvo dificultades para realizar el movimiento de tierras, lo cual deja como uno de los aspectos relevantes para analizar: previo a la construcción de una piscina es necesario tener un plan que abarque al menos algunas de las posibles condiciones críticas y su forma de mitigarlas. Se cuenta con el testimonio del operador de que algunas de las

rutas de tuberías fueron colocadas en otras posiciones por lo difícil de las condiciones del campo, al no contarse con una bitácora no se tiene claro estas modificaciones.

## Deformación de borde de la piscina

Se aprecia claramente una deformación en uno de los lados de la piscina, donde estaba presente la fuga, ya que ésta era por daño de todos los skimmers. Según el Sr. Adrián Rojas, ésta se ha incrementado con el paso de los años. Puede deberse a alguno o todos los factores que se mencionan: movimientos del suelo cuando éste se satura, ya sea por lluvia o por la presencia del agua que estaba fugando; puede deberse a que posiblemente el suelo tienda a ser del tipo arcilloso, a asentamientos diferenciales en el fondo de la piscina o que al fugar gran cantidad de agua si el suelo contiene finos éstos hayan migrado por efecto del agua.

## Procedimiento

Como en el caso anterior, se establecerá nuevamente los pasos a seguir, con la diferencia de que la posible solución difiere por cuanto los problemas acá evidenciados son diferentes.

## Inspección del sitio

La revisión completa de todos los detalles presentes en la estructura y sus alrededores aporta información que debe ser luego tomada en cuenta en el análisis de las condiciones bajo las cuales ha estado en operación. Para tales efectos se realizó un formulario que sirve de guía en la inspección, complementario a esto es importante la toma de fotografías y medidas como complemento al expediente que se está elaborando.

Las fallas presentes en estructuras de concreto obedecen a diferentes causas, por lo que cuanto más exhaustiva la toma de datos, más acertado será el diagnóstico; y se tendrá mejor base para definir los procesos correctivos.

Según Peter H. Emmons, autor del libro "Concrete Repair and Maintenance Illustrated" establece causas y posibles formas de

reparación, las cuales enumera de la siguiente forma:

- Deficiencias: en el proceso constructivo, en el diseño o en los materiales empleados.
- Daño: por sobrecargas, sismo, fuego, derrame de sustancias químicas.
- Deterioro: congelación, erosión, corrosión de metales, reacción alcalina de los agregados y ataque de sulfatos.
- Dado que no todos los aspectos están presentes en una piscina, puede pensarse que se tomarán los siguientes:
- Deficiencias: en el proceso constructivo, en el diseño o en los materiales empleados.
- Daño: por sobrecargas, sismo, asentamientos diferenciales, obras aledañas efectuadas luego de concluida la obra.
- Deterioro: corrosión de metales, reacción alcalina de los agregados y ataque de sulfatos.

Las señales más evidentes de que existen problemas del orden estructural son:

- Fugas
- Asentamientos
- Deflecciones
- Desgaste
- Desintegración
- Agrietamiento
- Delaminación

Todos ellos válidos desde el punto de vista estructural para una piscina, sobre todo porque mantiene el agua durante toda su vida útil almacenada.

Según el mismo autor para determinar si procede la reparación y/o protección debe hacerse los siguientes cuestionamientos:

- ¿Es estructuralmente inadecuado?
- ¿Existen fugas?
- ¿Hay efectos sobre el ambiente?
- ¿Se requiere que sea estético?
- ¿Se procede a realizar una evaluación del alcance, las necesidades específicas del usuario y el análisis de la reestructuración?
- El análisis de la reestructuración requiere de los siguientes pasos:
- Necesidades estructurales
- Efectos sobre la reestructuración
- Constructibilidad
- Efectos sobre el ambiente

Para el caso de las instalaciones del Polideportivo de Cartago se tomará la segunda guía de análisis de estos cuestionamientos:

- ¿Existen fugas?
- ¿Se requiere que sea estético?
- Análisis estructural
- Constructibilidad

Todo lo anterior acorde con lo que el autor plantea (Emmons, 1993)

Si bien explícitamente no se incluye el análisis estructural dentro del formulario, éste debe realizarse según las solicitudes para el momento de la inspección y hacerse la debida memoria de cálculo. Para presentar una adecuada solución al propietario de la piscina debe tenerse presente que a partir de este análisis se procede a determinar las posibles soluciones. Además, debe obligatoriamente ser factible de construir y ser acorde con las expectativas o requerimientos estéticos solicitados por el cliente, salvo que se encuentre que no es posible lograrlo.

El Código Sísmico de Costa Rica 2010 establece en su capítulo 15, inciso 15.1 los siguientes lineamientos que son importantes en el caso de piscinas: “El diagnóstico de vulnerabilidad sísmica de una edificación existente y su posterior adecuación sísmica requieren de parte del profesional responsable del diseño un conocimiento amplio de los parámetros que determinan el desempeño de la estructura ante la acción de los sismos”. Esto nos lleva a que si se hace una valoración del tipo estructural, debe conocerse a fondo los parámetros que establecen su desempeño.

Según lo determina el apartado 15.2, hay algunos puntos que en resumen deben considerarse:

- El modelo de la estructura es definido tomando en cuenta sus características reales. De ahí la importancia de hacer el debido levantamiento del sitio. Este levantamiento comprende desde la verificación de las dimensiones reales de la obra, ubicación y características de obras complementarias, patrones de fisuración y agrietamientos, etc.
- Se debe realizar un análisis cualitativo que considere lo que en el sitio se presenta, tales como irregularidades, daños, etc.
- Se debe realizar análisis de sismo de acuerdo con las condiciones actuales. Queda a criterio del diseñador si reduce el factor de

resistencia con base en la cantidad de años que tiene la estructura.

- Para el caso de esta piscina puede usarse los planos como una referencia, indica lo que se hizo y lo que no, hasta donde se había especificado y si hay discrepancias entre lo encontrado en el levantamiento y lo que se colocó en planos.

Mediante la reestructuración de una piscina, puede alargarse el tiempo de vida útil. Los propietarios de piscinas en términos generales no esperan construir nuevas instalaciones salvo que realmente se requiera, después de un meticuloso examen que dictamine que debe ser así. Es lógico que los propietarios o administradores de sitios con piscinas busquen una alternativa económica, por lo que todo criterio debe estar muy profundamente justificado. Para el caso del Polideportivo de Cartago sería una inversión de muy alto valor y de moderado impacto a la comunidad cartaginesa, por lo que ésta debe estar muy bien sustentada y programada.

La norma ACI350, capítulo 20, establece lo siguiente para el caso de estructuras existentes: “Para una estructura deteriorada, la aprobación de una prueba de carga no puede ser asumida sin límites en términos de tiempo. En tales casos, una inspección periódica es útil. Un programa que involucra pruebas físicas y la inspección periódica puede justificar un período más largo en el servicio.

Otra opción para el mantenimiento de la estructura en el servicio, mientras que el programa de inspección periódica continúa, es limitar la carga viva a un nivel determinado que es apropiado.

La duración del período especificado debe basarse en consideración de la naturaleza del problema, efectos ambientales, historial de los efectos de carga, servicio de la estructura, y el alcance del programa de inspección periódica”

Al final de un lapso especificado, la evaluación dirá si la estructura puede permanecer en servicio”

Todo lo anterior nos indica desde el punto de vista de la norma ACI350 que para efectos de una verdadera evaluación debe tenerse un plan donde exista un periodo de evaluación, observación y pruebas para determinar los pasos por seguir. Esto nos indica que en el caso de piscinas en operación, debe mantenerse un plan de mantenimiento, sea éste o no con pruebas, donde de forma permanente se haga observación

de los cambios, ya sea que se manifiesten como grietas, deformaciones, asentamientos, desprendimiento de los acabados, fugas (sea en tuberías o en el vaso propiamente) por decir los más comunes. La piscina del Polideportivo de Cartago si bien no cuenta con una bitácora de observación sí con los testimonios de quienes han laborado allí, lo cual es una gran herramienta.

Seguidamente debe hacerse una inspección visual de la piscina. Si contiene agua, debe estar debidamente tratada para ingresar, ya que es de suma importancia palpar las fisuras, los agregados, las deformaciones, etc. El agua debe estar cristalina y balanceada. En caso de estar turbia o sucia se le dará tratamiento y posteriormente se hará la inspección. Bajo ninguna circunstancia se hará inspección en agua que se encuentra contaminada por algas, turbia o sucia. Tampoco podrá hacerse en medio de un tratamiento de floculación. Para esta piscina se hicieron varias inspecciones, todas con la ayuda del Sr. Adrián Rojas quien brindó información muy valiosa para el registro.

La exploración visual ofrece un panorama de lo que puede estar afectando a la estructura, para lo cual debe hacerse el debido mapeo, mediciones, tocar las grietas, tomar fotografías. Idealmente en zonas donde se sospeche de corrosión debería removerse parte de la superficie con el fin de verificar el grado de deterioro. Si no es posible, al menos debe retirarse un poco de la superficie, así como determinar, por medio de golpes, zonas huecas. Esta es la forma más económica de hacer un diagnóstico preliminar, bastante certero si se tiene dominio del análisis estructural. En caso de que el usuario desee un examen más exacto puede indudablemente recurrir a pruebas experimentales, como ya se había mencionado anteriormente.

Para el caso específico del Polideportivo de Cartago se observó cada detalle tanto dentro del depósito como en sus alrededores. Se llenó el formulario que se confeccionó para tal fin. Además se entrevistó al operador de la piscina.

En esta etapa se establece las señales de falla que presenta la piscina y que fueron mencionadas al inicio. Se documentan y forman parte de un registro que posteriormente dará el panorama completo de la reestructuración. Se usa además como referencia los planos constructivos. No se cuenta con estudio de

suelos ni con la bitácora de la obra. Ahí radica la importancia de la adecuada toma de datos, su registro e interpretación.

## Memoria de Cálculo (Diseño)

La memoria de cálculo lo que pretende es establecer las condiciones de servicio que actualmente soporta la estructura ya que toda reparación debe ser capaz de resistir los esfuerzos que está sometida la piscina.

Dentro de la memoria de cálculo debe establecerse el análisis estructural en conjunto con los parámetros dados por el Código Sísmico de Costa Rica 2010 como los de otras normativas que apliquen.

Las reparaciones que realmente pueden alargar la vida útil de una piscina y permitir que ésta recupere su desempeño ante un sismo valoran las condiciones de carga, de lo contrario, cualquier reparación será sólo un parche de algunos años, y tenderá a fallar nuevamente en la misma zona.

Las variables por considerar son las siguientes:

- Dimensiones
- Peso del agua almacenada
- Clasificación del suelo
- Zona sísmica
- Sitio de cimentación
- Periodo de retorno
- Aceleración pico efectiva
- Peso específico del suelo
- Clasificación por importancia
- Factor IP
- Clasificación de sistema estructural
- Ductilidad Global Asignada
- FED
- Regularidad en planta
- Regularidad en altura
- Ductilidad local

Todos los datos anteriores son mencionados en el Código Sísmico de Costa Rica 2010. De lo anterior el CCDD Cartago tiene lo siguiente:

- Dimensiones (SI)
- Peso del agua almacenada (SI)
- Clasificación del suelo (NO)
- Zona sísmica (SI)
- Sitio de cimentación (SI)
- Periodo de retorno (SI)

- Aceleración pico efectiva (NO)
- Peso específico del suelo (NO)
- Clasificación por importancia (SI)
- Factor IP (SI)
- Clasificación de sistema estructural (SI)
- Ductilidad Global Asignada (SI)
- FED (NO)
- Regularidad en planta (SI)
- Regularidad en altura (SI)
- Ductilidad local (SI)

Además debe determinarse el empuje activo del suelo, mediante el conocimiento del peso específico, su coeficiente de empuje activo y la altura a la que se valora el empuje. La teoría de este cálculo se encuentra en el Código de Cimentaciones Segunda Edición. Como el CCDD de Cartago no cuenta con estudio de suelos, se podría, de manera preliminar asumir los datos, sin embargo, lo realmente confiable es tenerlo.

También debe determinarse la carga sísmica; ésta depende de las siguientes cargas presentes:

- Carga convectiva
- Carga impulsiva
- Carga sísmica debido al empuje del suelo

Para el caso del CCDD Cartago al no contar con el estudio de suelo no se conoce la aceleración pico efectiva para calcular la carga sísmica debida al empuje del suelo. Para un examen preliminar puede asumirse esa variable.

En el caso de las cargas convectivas e inductivas, éstas están relacionadas con la geometría del depósito por lo que sí pueden ser calculadas. El cálculo de cargas convectivas e inductivas puede ser tomado del ACI 350 ó de GSDMA Guidelines for Seismic Design of Liquid Storage Tanks.

Todo lo anterior cuenta tanto para los muros como para la losa del fondo. Este análisis puede realizarse con hoja de cálculo convencional o con software especializado. Aquí no se hace uso de herramientas de ese tipo.

En el caso de que una piscina vaya a estar varias semanas o meses sin agua la hace vulnerable a los efectos que le provoquen las cargas aplicadas en una condición más crítica que si estuviera llena por lo cual debe evaluarse si puede resistir esta condición. Para dicha instalación este análisis debe ser muy riguroso por los antecedentes que presenta en cuanto a la filtración del agua, posible tipo de suelo y el tiempo que demore la reestructuración.

Debe además revisarse la losa del fondo de la piscina, que en el caso del Polideportivo de Cartago se pudo evidenciar las fallas presentes en toda su superficie.

Para cualquier diseño que se implemente en la losa del fondo se usará el modelo de viga sobre fundación elástica, debido a los antecedentes presentados, los cuales pueden indicar que la sustitución no fue suficiente y la piscina está cimentada sobre un suelo que ha estado asentándose.

## Reestructuración: pasos

La reestructuración requiere de procedimientos minuciosos donde se debe conocer a fondo como interactúa el concreto antiguo con el que se colocará y además lo que está ocurriendo ante las señales de falla de éste. Para una verdadera solución no es suficiente colocar un agente cementicio en la grieta, por lo que en adelante se hablará de soluciones donde se requiere exploración, sustitución tanto de concreto como del acero, protección de la superficie y selección adecuada de los materiales.

Efectivamente, se solicita que la piscina esté vacía, de ahí la importancia de determinar previamente si tolera su condición más crítica: estar sin agua. Sin embargo, siempre que se consideren soluciones donde no deba sustituirse o destruirse estos elementos y pueda añadirse sección, se harán de forma que puedan actuar de manera conjunta para las solicitaciones de carga de la estructura.

Peter H. Emmons plantea que debe seguirse una estrategia para la reparación. Esta debe comprender cuál es el mecanismo de falla del concreto para seleccionar adecuadamente los materiales que estarán sustituyendo o agregándose a la sección dañada.

En términos generales el acero de refuerzo es el que sufre más debido al agrietamiento. Una vez que el agua lo toca inicia un proceso de corrosión, el cual conforme crece, deteriora aún más la superficie del concreto y el diámetro de éste, perdiendo capacidad de carga. De ahí su importancia de controlarlo.

Para la piscina olímpica del CCDR Cartago hay que hacer un análisis exhaustivo de las posibles soluciones. Para esta institución gubernamental, regida por la Ley de Contratación Administrativa es complejo un proceso de estudio

riguroso en el que se incluyan pruebas a la estructura con instrumentación así como la consultoría de un ingeniero estructural especializado en esta área. De ahí la importancia de que se justifique mediante estudio preliminar lo que se puede aplicar como solución definitiva.

## Reestructuración: pasos

Para la piscina olímpica del Polideportivo de Cartago influyen las siguientes variables al seleccionar la mejor forma de reestructurarla:

- Piscina opera y se administra con fondos públicos.
- Cumple con los lineamientos establecidos por FINA para ser piscina de competencia.
- Solución podría ser económicamente elevada.
- Existe mucha demanda por el uso de esta instalación, tanto de los deportistas (cerca de 1500 nadadores) como de los usuarios quienes ejercen una fuerte presión para que esta piscina permanezca abierta la mayor parte del tiempo.

En este proceso definitivamente hay que hacer estudios aún más profundos con instrumentación adecuada para tal fin. Del grado de deterioro que tenga el acero de refuerzo depende lo que se implemente.

Esta piscina plantea varios escenarios de los cuales se hará énfasis en dos aspectos que son fundamentales: recuperación completa de la funcionalidad de la losa y protección del concreto en su superficie.

## Primera posible solución: sustitución parcial de la losa

Se recurre a esta solución una vez determinada las condiciones del acero de refuerzo y del concreto que lo rodea; aplica en la medida en que al menos parcialmente pueda mantenerse el concreto y acero existente. Ver figura 65.

Se hace mediante maquinaria específica para ese fin, como una hidromovedora, la cual lanza agua a muy alta presión (20,000-40,000 PSI) proyectado a la zona afectada para remover el concreto.

Una vez removido el concreto se procede a verificar cuáles son las barras de acero de refuerzo que deben ser sustituidas.

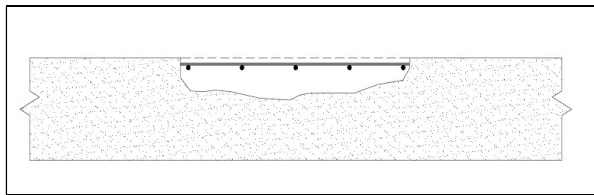


Fig. 65 Ilustración de la remoción parcial del concreto

Donde se haya perdido sección debe cortarse y reemplazarse. La unión del acero nuevo con el existente debe darse con las longitudes de desarrollo establecidas en el CSCR 2010. Será pegado con epóxicos especializados en esa tarea. Las barras que se mantienen deben limpiarse del óxido y aplicar producto inhibidor de corrosión. Esa limpieza se realiza por medio de equipos que lanzan el agua a una presión elevada (3,000-10,000 PSI).

En cuanto a la selección del material éste depende de lo que se desea lograr. Hay que recordar que debe hacerse el análisis de cargas que afectan a la losa, sobre todo la carga muerta y el efecto del sismo sobre ésta. En el efecto del sismo es muy importante calcular el efecto de las cargas convectivas e inductivas.

Además, hay que tomar en cuenta que el material que se coloque sobre el existente debe tener propiedades mecánicas acordes con las solicitaciones actuales. Este caso amerita chorrear concreto premezclado con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Para la chorrea se debe tener especial cuidado del curado del concreto.

Previo a la chorrea debe prepararse la superficie de modo que el concreto existente tenga la suficiente porosidad como para que el material nuevo quede incorporado de manera completa, y tengan un comportamiento estructural adecuado. Una vez ejecutada esta tarea se procede a la aplicación de una resina o epóxico que permita adherencia entre los dos materiales.

Posteriormente se chorrea el concreto nuevo, siguiendo todos los lineamientos establecidos para la construcción con concreto.

La desventaja de pensar en esta solución es el tiempo de ejecución ya que se debe examinar el acero de refuerzo minuciosamente. La ventaja: no sustituir toda la losa de concreto, lo que

significa menos desperdicio y cantidad de material que debe adquirirse.

## Segunda posible solución: sustitución completa de la losa

Se recurre a esta solución una vez determinada las condiciones del acero de refuerzo y del concreto que lo rodea. Para el caso de esta piscina es evidente el deterioro que presenta la losa, sin embargo siempre es válido y necesario verificarlo previamente. Ver figura 66.

Si para este caso debe recurrirse a esta solución, se sustituirá la losa totalmente debido a que es más económico hacerlo de ese modo que con sustitución parcial. En este caso debe diseñarse de acuerdo a lo que establece el Código Sísmico de Costa Rica 2010 y el ACI 350.

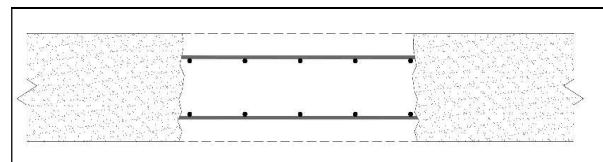


Fig 66 Ilustración de sustitución de la sección completa

Se hace mediante maquinaria específica para ese fin, como una hidrodemoladora, la cual lanza agua a muy alta presión (20,000-40,000 PSI) proyectado a la zona afectada para remover el concreto. Puede hacerse también con martillos neumáticos u otros equipos.

Después se prosigue con la selección del material, éste depende de lo que se desea lograr. Hay que recordar que debe hacerse el análisis de cargas que afectan a la losa, especialmente la carga muerta y el efecto del sismo sobre ésta. Para el efecto del sismo muy importante calcular la secuela de las cargas convectivas e inductivas.

Además, hay que tomar en cuenta que el material que se coloque sobre el existente debe tener propiedades mecánicas acordes con las solicitaciones actuales. Este caso amerita chorrear concreto premezclado con una resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>. Para la chorrea se debe tener especial cuidado del curado del concreto. La desventaja de pensar en esta solución es el tiempo de ejecución. Implica la reconstrucción completa de una zona con un área importante y que no debe ser apresurado su

proceso de curado. La ventaja radica en rediseñar un elemento que ya había fallado.

### **Tercera posible solución: chorrea de sobrelosa**

La chorrea de una sobrelosa tiene la ventaja de que se puede mejorar sustancialmente el diseño y la construcción de este elemento. Además, no habría que manejar equipos especializados para la demolición, el proceso constructivo es más sencillo para quienes deben estar en las instalaciones asistiendo en el proceso. Sin embargo, la mayor desventaja es la pérdida de altura, lo cual afecta las aplicaciones deportivas por las cuales nació esta piscina.

Para este procedimiento se debe preparar la superficie, retirar el recubrimiento del concreto existente, se puede usar sand blasting, posteriormente se limpia la superficie, se aplica resina o un epóxico para la adecuada adherencia entre los materiales. Debe además colocarse anclajes con epóxico para asegurar adecuado comportamiento estructural. Una vez hecho esto, se chorrea la sobrelosa.

Varios aspectos constructivos de especial importancia para cualquiera de las posibles soluciones planteadas son:

- Logística hacia el sitio
- Colocación de drenajes perimetrales o bombas de achique para drenar toda el agua que se presente en el momento de la construcción y evitar que la piscina “flote”.
- Colocación de señalización y medidas de protección, tanto visuales como de protección personal.
- Como medida adicional realizar la debida sustitución de material alrededor de los muros de la piscina y colocar los drenajes que correspondan al tipo de suelo que allí se encuentra.
- Selección adecuada de materiales para la reestructuración, vale la pena hacer una exhaustiva evaluación de los proveedores.
- Imperativa la inspección constante del profesional responsable de la obra.

## **Acabado y protección de la superficie**

El acabado de la superficie si bien es cierto da una ligera protección al concreto y es colocado con fines estéticos no debe ser despreciada su importancia.

### **Geomembranas**

Para la piscina olímpica del CCDD de Cartago donde ya tiene antecedentes de fugas, deformaciones y agregados expuestos por el efecto de la oxidación del acero de refuerzo y el desbalance químico del agua vale la pena valorar la instalación de una geomembrana de PVC. Tiene la ventaja de ajustarse al relieve de la estructura, mejor resistencia química, más rápido de instalar y sobre todo impermeabiliza los muros y losa. Existen en el mercado de uso general y otras que se aplican más en piscinas. Pueden ser cortadas y adaptadas a los accesorios, como escaleras, boquillas, desnatadores, etc. Su desventaja para este cliente: la piscina es de competición y exige ciertos señalamientos en la losa del fondo.

El proceso de instalación de las geomembranas, según la Compañía Geodek es el siguiente:

- Las superficies que recibirán el recubrimiento deberán estar libres de cualquier elemento que pueda causar daño al recubrimiento como rocas, palo, vidrios, raíces, objetos puntiagudos, etc.
- Colocación: deberá ser ubicada según el plano de distribución de franjas, tiros o paneles previamente establecido
- Sellado o soldadura de la Geomembrana: No se iniciará ninguna unión hasta que el técnico de sellado y cada aparato de soldadura usado en el campo hayan realizado una soldadura de prueba.
- Los paneles de geomembrana deberán tener un traslape mínimo de 100 mm. para la soldadura de extrusión y de 100mm. para la soldadura de cuña. Se debe evitar al máximo la presencia de arrugas en los traslapes de la costura. Se debe tener cuidado de la colocación del aparato de soldadura de cuña

para evitar daño a la geomembrana cuando no esté en uso. Se deberá asegurar de que no haya suciedad ni humedad almacenadas entre las láminas de revestimiento.

- Cuando se utilice un aparato de soldadura de extrusión, el Instalador deberá soldar el revestimiento de tal manera que no dañe la geomembrana.
- Los bordes superiores de la geomembrana serán biselados antes de soldar y se usará una esmeriladora de disco para retirar el óxido de la superficie del revestimiento no más de media hora antes de soldar.
- No se realizará ninguna costura si la temperatura medida a 150 mm. sobre el revestimiento es inferior a 40 C (100 F) o superior a 38 C (100 F), a menos que exista el procedimiento adecuado para tal fin.
- El generador eléctrico debe estar colocado de tal manera que no se produzca ningún daño a la geomembrana.

En relación con el espacio debe tenerse en cuenta lo siguiente: La definición de la geomembrana a emplear debe contemplar todos los aspectos que se vean involucrados en el proyecto como lo son: la calidad del suelo, su estabilidad, tipo de fluido a contener, área o cantidad a emplear, geometría del proyecto, ubicación del proyecto, accesibilidad a las obras, vida útil esperada, etc. A partir de esta información se podrá definir el tipo de geomembrana a utilizar (PVC, HDPE LLDPE), el calibre apropiado, tipo de textura de la geomembrana (Lisa o Texturizada), y anchos del material a suministrar.

## Vitrocerámica

La vitrocerámica es un material para enchape de piscinas a base de cristales de cerámica, muy resistente a los cambios de temperatura y condiciones ambientales como humedad y pH, de ahí que se haya extendido su uso en piscinas. Si este acabado es colocado adecuadamente la piscina tendrá su protección y apariencia en óptimas condiciones.

Para la debida instalación de este acabado el fabricante Vidrepur establece el siguiente procedimiento:

Es muy conveniente que la superficie, paredes, suelos, sobre los que vaya a ser aplicado el material estén perfectamente lisas y maestreadas, para obtener un acabado perfecto.

Ajustar y aplicar la placa sobre el soporte untado en cola.

Presionar con la ayuda de una llana de madera o caucho.

Al cabo de 24 horas mojar el papel kraft hasta empapararlo de agua.

Retirarlo con la ayuda de una esponja para limpiar la cola que quede en el papel.

Para rejuntar el material, extender diagonalmente una barbotina de producto especial para juntas con una espátula de caucho.

Limpiar con una esponja húmeda. Enjuagar y secar con un trapo bien seco.

Si ha seguido estas instrucciones su trabajo será menor y su rendimiento mejorará sensiblemente.

La principal desventaja de este sistema es el costo y tiempo de instalación. La gran ventaja es que permite decorar adecuadamente una piscina como la de Cartago que debe cumplir con las reglamentaciones que aplican para competencia.

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

## Caso piscina Hotel Aloft

Si bien no forma parte del alcance del presente proyecto el análisis de la reestructuración de piscinas de mampostería o su construcción, vale la pena hacer un breve análisis que permita establecer posteriormente conclusiones y recomendaciones en general.

### Aspectos constructivos



Fig. 68 Levantamiento de muros de piscina de Hotel Aloft

El acero de refuerzo vertical fue levantado previo a la colocación de los bloques de mampostería. Cuando se inicia este proceso, algunas de las varillas se doblan, lo cual hace que halla un punto de falla por deformación y los esfuerzos que en ese punto se generan. Ver figura 68.

El acero se colocó en la mayoría de las celdas en el centro de cuando debió haberse colocado en el extremo que soporte la mayor carga de tensión.

Se evidencia la presencia de material orgánico al inicio de la construcción, cuando esto va en contra de toda buena práctica constructiva por los riesgos asociados a asentamientos diferenciales, elevación del nivel freático, crecimiento de raíces, etc. Ver figura 70.



Fig. 69 Levantado de muros de piscina

No se coloca en las esquinas los conectores ni aros estipulados en el Código Sísmico de Costa Rica 2010.

Se logra observar mediante la anterior fotografía que el mortero de pega no es adecuadamente aplicado, lo que provoca planos de falla en cada sector donde no se ejecutó correctamente la pega del bloque. Ver figura 69.



**Fig. 70** Excavación de la zona del depósito

# PROCEDIMIENTO PARA REESTRUCTURACIÓN DE PISCINAS

## INVESTIGACIÓN

Levantamiento en sitio de las instalaciones. Uso del formulario realizado para tal fin. Ver anexo.  
Entrevista con el propietario de la piscina. Determinar las siguientes variables, las cuales deben quedar por escrito en bitácora:

- Presupuesto disponible
- Proceso de compra (directo, por licitación)
- Estudio de suelos
- Pruebas con instrumentos
- ¿Debe cumplir con reglamentaciones internacionales?
- Tiempo disponible para ejecutar la reestructuración
- Requiere otras obras complementarias (impermeabilización, drenajes, colocación de acabado)
- Accesos a la zona de trabajo. Libre tránsito de maquinaria pesada. Obras complementarias en caso de ser necesario.
- Facilidades en caso de reconstrucción, tales como espacio, electricidad, agua.

Entrevista con el operador de la piscina y con quienes tuvieron contacto con el proceso constructivo de la piscina.

## DISEÑO

Toma de los datos necesarios para el diseño.  
Investigación sobre métodos de diseño. Se sugiere ACI 350.  
Elaboración de memoria de cálculo  
Revisión de condición piscina vacía, piscina llena  
Diseño previo de la solución

## REESTRUCTURACIÓN

Investigación de la mecánica del concreto y lo que evidencia sus señales de falla  
Investigación sobre materiales como:

- Epóxicos
- Morteros
- Concretos modificados
- Inhibidores de corrosión
- Limpiadores de superficies
- Recubrimientos epóxicos o acrílicos
- Acabados.

Investigación de los proveedores de servicios y materiales

- Disponibilidad de materiales en el país
- Garantía
- Asesoría técnica en la aplicación.
- Disponibilidad del servicio
- Capacidad de respuesta ante una emergencia
- Disponibilidad de equipos (ya sea para compra o alquiler)

Diseño definitivo de la solución

Detallado de la solución.

Planeamiento general de la construcción y posibles imprevistos que deban ser resueltos

Elaboración de plano constructivo

Elaboración del presupuesto de la obra así como su programación

Indicaciones claras del proceso constructivo

Inspección rigurosa del proceso constructivo.

## PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Observación cada seis meses de las siguientes condiciones:

- Balance de agua
- Rellenado continuo sin razón aparente
- Aparición de fisuras o grietas en bordes, en la losa o muros
- Desprendimiento del acabado. ¿Se reparó? Fecha. Responsable. Toma de fotos antes, durante y después del proceso.
- Fractura de codos
- Funcionalidad de los accesorios
- Deformaciones
- Asentamientos
- Exceso de agua en zonas aledañas cuando llueve
- Toma de fotos que evidencien el estado del vaso
- Existencia de fugas
- Revisión inmediata en caso de sismo
- Reparaciones de emergencia. Uso de productos epóxicos o cementicios para tapan grietas o fugas. Localización. Toma de fotografía. Fecha en que fue ejecutada esa reparación. Motivo de la reparación. Persona responsable de realizarla.
- Prueba de presión de tuberías. Empresa que la ejecutó. Fecha. Próxima prueba de presión.
- Prueba de carga. Empresa que la realizó. Fecha. Próxima prueba de carga.

Llenado de bitácora con lo anterior.

# Conclusiones

El siguiente listado muestra las conclusiones a las que se llegó. Hay conclusiones generales y específicas según sea el punto al que se desee hacer mención.

- Todo proceso de reestructuración de una piscina es diferente, obedece a condiciones propias de construcción, diseño y operación, por tanto cada caso se estudia minuciosamente y se plantea su solución particular.
- Para el diseño y construcción de piscinas es muy importante, además de utilizar los códigos y las normas que sean específicamente aplicables (mucho más allá que los códigos de construcción civil), contar con la experiencia y el discernimiento específicos que permitan tener claras las particularidades de cada proyecto.
- Tanto el diseño como el proceso constructivo son determinantes en el desempeño de estas estructuras, debido a que a diferencia de muchas otras, en éstas las condiciones ambientales son de mayor consideración. Además el efecto de asentamientos, detallado inadecuado del acero o mala calidad o colocación del concreto ocasionarán consecuencias muy severas y notables en la estructura.
- Las piscinas requieren ser diseñadas bajo códigos más rigurosos y especializados que el diseño que ofrece el Código Sísmico de Costa Rica 2010 ó el Código de Cimentaciones Segunda Edición; no porque éstos sean cuestionables, sino porque el tipo de estructura escapa a los alcances de éstos, si bien hay partes de ellos que siguen siendo aplicables y esenciales, como por ejemplo efectos de sismicidad, tipos de suelos, etc.
- Los propietarios así como los operadores de piscinas deben tener al menos conocimiento mínimo sobre lo que se debe observar como señal de falla en una piscina. Hay una tendencia a dejar que las fugas o grietas se vean como normales en estas estructuras. Es muy importante, y preferiblemente mandatorio, que en estas obras el propietario reciba, y mantenga, copia legible y completa del cuaderno de bitácora, planos “as built” certificados y cotejados con el ingeniero a cargo, así como registro fotográfico organizado y detallado de la ejecución de la obra, de ese modo si alguna falla o un imprevisto se presenta, sea mucho más sencillo poder dar con la causa o el punto por mejorar (recubrimientos inadecuados, traslapes insuficientes o mal colocados, concretos no muy bien densificados, grietas tempranas, juntas de construcción, etc.)
- La operación y mantenimiento de una piscina debe ser integral, incluir dentro de los protocolos o bitácoras inspecciones al depósito, tuberías y accesorios.
- Instituciones dedicadas a la implementación de normativas sobre equipamiento, diseño, operación y mantenimiento deben involucrarse más en el diseño y construcción de piscinas. Entender la dinámica de una piscina permite un mejor criterio sobre estos aspectos.
- En el sector de la construcción de piscinas hay una predisposición a no utilizar parcial o totalmente conceptos elementales de mecánica de materiales y procesos constructivos por parte de profesionales tanto en diseño como en construcción, aplica tanto para concreto estructural como para mampostería.

- Hay escasa comprensión sobre cuáles son las técnicas utilizadas en concretos dañados y específicamente en el área de piscinas. Se infiere por las entrevistas y visitas de campo que es difícil encontrar criterios unificados al respecto.
- Se debe tener muy claras las condiciones de operación, de construcciones aledañas, obras complementarias, etc., que se establecieron en el diseño y estar alerta a modificaciones, como por ejemplo un movimiento de tierras aledaño a la piscina (que pueden cambiar dramáticamente las condiciones de empuje en las paredes, o en sectores de estas), instalación de postes de alumbrado (y los bulbos de presiones que se darían en las cimentaciones de estos, etc).
- Es indispensable realizar un estudio de suelos en la zona destinada a la construcción de la piscina, ya que las propiedades mecánicas del suelo del sitio serán determinantes en el diseño del proyecto. Este estudio debe mantenerse en conjunto con la documentación del diseño y construcción de la piscina ya que en caso de reestructuraciones de vital importancia.
- Es importante, con el fin de alargar la vida útil de esta obra, implementar los estudios necesarios para iniciar proceso de reestructuración, el cual puede tomar algunos años debido a que está sometida a procesos administrativos propios de la institución, por lo que no es recomendable postergarse.

Listado de conclusiones sobre el caso específico del CCDR Cartago:

- Estructura muestra los efectos que se producen cuando en algunos o todos los aspectos del proceso de diseño y construcción no estuvieron completamente acordes con el tipo de estructura en aspectos, tales como: conocimiento real del sitio previo a la construcción, recubrimientos mínimos, detalles de longitudes de desarrollo, resistencia a la compresión del concreto, diseño de junta de construcción, curado del concreto y puesta en marcha de la piscina una vez que está finalizada; si bien no se puede aseverar con completa certeza que uno o varios de los signos corresponden a una misma causa, se aprecia que hubo puntos por mejorar, según la evidencia de las observaciones así como de la entrevista realizada.
- La piscina ha sufrido un daño que a la fecha no se tiene claro su verdadera magnitud ni el costo que ha representado.
- Cuenta con poco o nulo mantenimiento de la obra civil.

# Recomendaciones

Las siguientes son recomendaciones que se desprenden del proyecto presentado:

- Capacitación a operadores de piscina así como a los administradores sobre criterios mínimos para mantenimiento preventivo y correctivo (reestructuración) de piscinas.
- Implementación de una normativa aplicada a Costa Rica (o bien la adopción de una normativa extranjera aplicable a nuestra realidad) en cuanto a diseño estructural y construcción que rijan a este mercado, tanto en mampostería como en concreto estructural.
- Inspección más rigurosa del profesional responsable.
- El propietario de la piscina debe exigir a la empresa o ingeniero de la obra las credenciales que demuestren que tiene las capacidades para asumir el diseño, construcción y/o reestructuración de una piscina.
- Si el proyecto es de considerable magnitud y/o importancia para la comunidad es importante y recomendado que exista mayor fiscalización e inspectores en dicha obra, ya sea si se construye o si se reestructura.
- El Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Cartago debe preparar un plan a largo plazo que incluya las siguientes etapas: estudio de mercado de pruebas en sitio para la piscina así como el de consultores y constructores capacitados en el área que propongan soluciones reales a la problemática que se presenta, y planteamiento del cartel de licitación, preferiblemente por etapas, diseño y luego construcción de la solución.
- El Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Cartago puede valorar hacer una revisión completa del diseño de la piscina así como un estudio de suelos adicional.
- CATIE puede implementar de manera preventiva pruebas que determinen posibles fugas no identificadas visualmente y con ello solucionarlas si es que existieran.



# Anexos

Como anexos al presente proyecto se adjunta lo siguiente:

Entrevista al CATIE

Entrevista al CCDR Cartago

Entrevista a CCR

Entrevista a Constructor\*

Entrevista a Asesor Técnico de Piscinas\*

Entrevista Hotel Aloft

Cuadro Resumen de las piscinas inspeccionadas

Formularios para toma de datos de las piscinas visitadas

Esquema Piscina del CATIE

Esquema Piscina del CCDR Cartago

\*Identidad protegida

# ENTREVISTA CATIE

Entrevista realizada a Juan Carlos Ramírez, Jefe de Servicios Generales y Producción.

CATIE es un centro de investigación y docencia para Centroamérica y el Caribe. Cuenta con extensas zonas verdes. Hace 40 años fue construida la piscina en medio de este paisaje, en un inicio para uso de todos los que residen dentro de la institución, sin embargo, se ha extendido para miembros externos cuando se imparten cursos de natación.

La piscina fue construida para ser usada con trampolines, con el paso del tiempo éstos fueron removidos debido al riesgo de accidentes que eso representaba.

Se conoce poco sobre su historia o como fue construida, tampoco se cuenta con documentos sobre esta estructura, sin embargo se tiene la certeza de que fue acertado su diseño y construcción porque ha logrado superar sismos de gran magnitud sin aparentes daños en ésta.

Los mantenimientos que se le han realizado son básicamente de pintura, y lo habitual de una piscina de su tipo: limpieza física, mantenimiento de los equipos y mantenimiento químico del agua. Los parámetros químicos del agua son continuamente monitoreados y controlados.

Actualmente su condición es aceptable, sin embargo surge la necesidad de valoración por parte de un profesional en ingeniería ya que presenta algunos agrietamientos que preocupan a la administración. Estas grietas fueron detectadas hace 5 años. Añadido a esta condición se tiene además el reto de disminuir su volumen, para que ésta se convierta en una piscina pedagógica, por lo que es imperativo resolver si es estructuralmente posible modificar su profundidad sin dañar el vaso.

Hace un par de años fue valorada por un ingeniero civil cuyo nombre no trascendió quien indicó que no era posible ninguna reparación por el riesgo que representaba hacerla, sin embargo, comenta Juan Carlos Rodríguez, quieren conocer el criterio de otro profesional.

# ENTREVISTA CCDRC

Entrevista realizada a Adrián Rojas, encargado de mantenimiento del área de piscinas del Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Cartago.

El Polideportivo de Cartago surge como un proyecto de la Municipalidad de Cartago, incluyéndose las piscinas de éste. Cuando se inicia la construcción de la piscina olímpica, se pensó en que tuviera seis carriles, como estaba estipulado en planos, sin embargo, se tomó la decisión de ampliarla y que cumpliera con la categoría de olímpica. El Sr. Adrián Rojas desconoce el motivo. La junta de construcción es muy evidente ya que se ha desprendido la vitro en ésta y además se observa el sello utilizado.

Entre los detalles que recuerda de la etapa constructiva está el hecho de que el suelo era blando y el nivel freático estaba presente, estas dos condiciones hacían difícil el movimiento de tierras y el uso de la maquinaria. Otro aspecto importante: conforme avanzó la construcción hubo muchos cambios e imprevistos, los cuales no tiene certeza de que hayan quedado documentados.

Una vez iniciada la operación de la piscina se observa que tiene fugas de agua, las cuales no se detectan ni buscan, y con ello dificulta el mantenimiento químico del agua. El balance tendió desde 1998 a ser ácido, con las consecuencias que eso conlleva para estructuras y usuarios. La evidencia más fuerte es el deterioro de la vitrocerámica y el desprendimiento de ésta en algunas zonas. Esta fuga al inicio era leve pero los dos últimos años se incrementó en magnitud con lo cual se hacía difícil dar el balance del agua.

En el 2014 se inicia la construcción del techado de las piscinas, y con ello, la búsqueda de la fuga, ya que ésta comprometía los cimientos de las columnas. Previo a la

construcción del techado de la piscina se advirtió a la constructora sobre la existencia de la fuga, ya que ésta comprometía los cimientos de las columnas. Previo a la construcción del techado de la piscina se advirtió a la constructora sobre la existencia de la fuga, sin embargo, no se sabía donde estaba ni cual era la magnitud de ésta. La contratación del techado se hizo bajo la premisa de que la garantía de la estructura estaba sujeta a detener esta condición.

Después de excavar, encontraron que eran varias fugas, y todas ubicadas en los skimmers. Se procedió a cambiar el codo o unión de éstos para luego continuar con la obra. Esta acción se realizó con todos los skimmers de la piscina.

El Sr. Rojas indica que el mantenimiento se ha facilitado desde entonces, pero que los efectos de la fuga se ven sobre todo en las deformaciones en uno de los lados de la piscina, y en la continua aparición de grietas cada vez que realiza la labor de aspirado, ya que la vitrocerámica se desprende en esas zonas. Hasta el momento las fisuras se ubican en el fondo de la piscina, no han llegado a formarse en las paredes.

En cuanto a la piscina pedagógica, no se observa agrietamientos. Comenta el Sr. Rojas que en ésta se respetaron los lineamientos de los planos constructivos.

# ENTREVISTA CCR

Entrevista realizada a Aníbal Zeledón, asesor técnico de CCR para recubrimiento de tanques de concreto y mampostería.

Don Aníbal Zeledón comenta que el procedimiento que normalmente aplica para la inspección de tanques es la de golpear y detectar si existe zonas donde no haya agregado, revisa el agrietamiento presente y si el concreto está contaminado. Para el caso de la mampostería si está agrietada, pide desechar el muro.

Una vez que cuantifica el daño de la estructura procede a la reparación.

Los pasos que sigue son los siguientes:

- Remoción de la capa superficial del concreto
- Limpieza de la zona
- Curado de las grietas.
- Impermeabilizado

El curado de las grietas es perforar un hoyo no muy grande al final de éstas para “matarla” como él mismo lo indica. Posteriormente pasa un esmeril para desgastarla y por último aplica un uretano para concluir el proceso.

Considera que el éxito de la protección de los tanques de concreto está en que éstos tengan sus drenajes debidamente diseñados de modo que la humedad no atraviese los muros ya que esto provoca levantamiento del recubrimiento que se aplica.

Para finalizar el especialista comenta que los selladores de juntas se encuentran en ferreterías grandes y que no es algo tan técnico como para ahondar en el tema.

# ENTREVISTA CONSTRUCTOR

La forma en que habitualmente se procede para diseño y construcción de una piscina es la siguiente:

- Análisis de suelos, el cual detalla el protocolo a seguir para la compactación del suelo.
- Si se encuentra nivel freático alto se coloca en donde se instalará la toma de fondo una canasta con un tubo de drenaje y una válvula hidrostática.
- Se procede a confeccionar y colocar la armadura.
- Por lo general se usa varilla #3 grado 40, salvo en piscinas grandes que se pasa a varilla #4.
- Los aros también se usan en varilla #3.
- Se hace viga de amarre de 50 x 15 cm
- Su preferencia es la construcción en mampostería, de 15x20x40 cm. Coloca varilla cada 20cm, rellena todas las celdas con mortero de 210 kg/cm<sup>2</sup>. Su dosificación es de 2:1 (arena:cemento)
- No aplica impermeabilizantes ni hace drenajes adicionales.
- Una vez que los muros están hechos se procede a repellar, se construye el canto redondo y se enchapa.
- Los acabados que usa son: vitrocerámica, idrazo, cristal creek, lavado de granito. No usa pintura porque ésta rápidamente se deteriora debido a la exposición al sol y a los químicos de piscina.
- Una vez que se termina con el acabado se procede a llenar, se hace la puesta en marcha de los equipos y aplicación de químicos.

El contratista afirma que no es de su preferencia construir piscinas de concreto estructural ya que sus errores no pueden ser corregidos, son más pesadas, colocar los moldes es difícil. Sin embargo, si el cliente la quiere así, él solicita que haya un diseño y especificación de ésta.

Para el caso de reparar una piscina examina lo siguiente:

- Presencia de hoyos, agregados o acero.
- Presencia de grietas.
- Estado de la toma de fondo.
- Dependiendo de la instalación electromecánica, procura hacer prueba de presión hidrostática para detectar fugas en tuberías.
- Estado del acabado. Si es pintura y el cliente desea pintar nuevamente, no ejecuta el trabajo dado que no puede dar garantía sobre éste.
- Una vez que hace ese examen, si el cliente da el visto bueno de la reparación, procede de la siguiente forma:
- Remueve la superficie de las paredes, es decir, se retira repello y pintura o vitrocerámica.
- Repara fisuras o grietas con agentes cementicios.
- Repara tuberías, tomas, desnatadores.
- Repella nuevamente
- Coloca el acabado (vitrocerámica en el caso de las paredes), idrazo, cristal creek, lavado de granito.
- Llenado inmediato de la piscina
- Puesta en marcha, se prueba el funcionamiento de los equipos.
- Aplicación de químicos.

# ENTREVISTA ASESOR

La forma en que habitualmente se procede para diseño y construcción de una piscina es la siguiente:

- Análisis de suelos, el cual detalla el protocolo a seguir para la compactación del suelo.
- Excavación
- Colocación del acero de la losa del fondo en conjunto con las previstas para las tomas de fondo y la válvula presostática y tubo de drenaje.
- Si la piscina se construye de mampostería se deja un diente con el inicio de la pared en concreto esto con el fin de impermeabilizar la unión losa-muro ya que ha visto que los waterstop no funcionan. Si la piscina es de concreto hay que colocar el waterstop.
- No ha visto que se aplique impermeabilizantes ni hace drenajes adicionales.
- Una vez que los muros están hechos se procede a repellar, se construye el canto redondo y se enchapa.
- Una vez que se termina con el acabado se procede a llenar, se hace la puesta en marcha de los equipos y aplicación de químicos.
- Las boquillas de retorno según la experiencia de él deben ser colocadas en medio del muro y no a 10 cm del nivel del agua ya que esto provoca zonas muertas en el tratamiento del agua.

## CUADRO RESUMEN DE LAS PISCINAS INSPECCIONADAS

NOMBRE INSTITUCIÓN	RESUMEN DE OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Naranjo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poco conocimiento del mantenimiento de la obra civil</li> <li>• Conciencia básica de la importancia en el mejoramiento de la estructura</li> <li>• Trampolines mal ubicados</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valoración exhaustiva del depósito con el fin de verificar si presenta daños estructurales que no sean visibles.</li> <li>• Valoración del estado de tuberías y accesorios mediante pruebas de presión.</li> <li>• Explicar que para ejecutar cualquier labor, aunque sea una obra menor alrededor de la piscina, debe contarse con estricta inspección de un profesional responsable.</li> <li>• Hacer estudio de suelos y un análisis de vulnerabilidad ante boyancia, asentamientos, deslizamientos</li> <li>• Evaluación primaria de la estructura según información de planos y de observaciones en campo, hacer un listado de las situaciones históricas que la piscina haya sufrido</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Comité Cantonal de Deportes y Recreación de San Ramón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Se han ido reparando las zonas donde se ha desprendido el mosaico.</li> <li>• No posee canto redondo por lo que a mediano plazo debe ser construido, según lo dispuesto por el Ministerio de Salud.</li> <li>• La prioridad en el mantenimiento es el de equipos y químicos.</li> <li>• No hay un plan de mantenimiento de la obra civil.</li> <li>• Recientemente se sustituyeron los equipos de bombeo y filtración.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valoración exhaustiva del depósito con el fin de verificar si presenta daños estructurales que no sean visibles.</li> <li>• Valoración del estado de tuberías y accesorios mediante pruebas de presión.</li> <li>• Explicar que para ejecutar cualquier labor, aunque sea una obra menor alrededor de la piscina, debe contarse con estricta inspección de un profesional responsable.</li> <li>• Evaluación primaria de la estructura según información de planos y de observaciones en campo, hacer un listado de las situaciones históricas que la piscina haya sufrido.</li> </ul>

NOMBRE INSTITUCIÓN	RESUMEN DE OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Palmares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La prioridad en el mantenimiento es el de equipos y químicos.</li> <li>No hay un plan de mantenimiento de la obra civil.</li> <li>Hubo una fuga después del sismo de Cinchona, la cual según versión del operador de la piscina, se debió a la ruptura de una tubería por lo que se hizo un by pass y una tubería paralela para clausurar la que estaba dañada. No se realizaron más pruebas ni inspecciones para asegurar si la estructura estaba libre de daños.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valoración exhaustiva del depósito con el fin de verificar si presenta daños estructurales que no sean visibles.</li> <li>Valoración del estado de tuberías y accesorios mediante pruebas de presión.</li> <li>Explicar que para ejecutar cualquier labor, aunque sea obra menor alrededor de la piscina, debe contarse con estricta inspección de un profesional responsable.</li> <li>Evaluación primaria de la estructura según información de planos y de observaciones en campo, hacer un listado de las situaciones históricas que la piscina haya sufrido</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Ciudad de Los Niños</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La pintura está severamente dañada por el uso de cloro granular aplicado directamente a la piscina.</li> <li>No fue posible visualizar si tiene mayores daños debido a que hace unos meses se le aplicó una capa de repello.</li> <li>El énfasis es el tratamiento químico y mantenimiento de los equipos.</li> <li>Poco conocimiento del mantenimiento de obra civil.</li> <li>Conciencia de la importancia en el mejoramiento de la infraestructura.</li> <li>Énfasis en lo estético y/o funcional sobre lo estructural.</li> <li>Los agrietamientos que presenta están ubicados en las losas perimetrales y no están presentes, de manera visible, en muros o fondo de la piscina.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valoración exhaustiva del depósito con el fin de verificar si presenta daños estructurales que no sean visibles.</li> <li>Valoración del estado de tuberías y accesorios mediante pruebas de presión.</li> <li>Explicar que para ejecutar cualquier labor, aunque sea una obra menor alrededor de la piscina, debe contarse con estricta inspección de un profesional responsable.</li> <li>Evaluación primaria de la estructura según información de planos y de observaciones en campo, hacer un listado de las situaciones históricas que la piscina haya sufrido</li> <li>Valorar el cambio del acabado de la piscina, ya sea por vitrocerámica o por geomembranas para evitar el daño por el contacto con el químico.</li> <li>Determinar en puntos clave (fondo y centros inferiores de paredes) si el cloro ha afectado el concreto estructural.</li> <li></li> </ul>

NOMBRE INSTITUCIÓN	RESUMEN DE OBSERVACIONES	RECOMENDACIONES
<ul style="list-style-type: none"> <li>Universidad de Costa Rica, Turrialba</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verdadera conciencia del mantenimiento de la estructura. Hace aproximadamente dos años se realizó la reparación de la losa del fondo, debido a que la pintura se deterioraba con facilidad. Una vez iniciada, la constructora a cargo, realizó pruebas de humedad y determinaron que era mejor retirar una parte de la losa y hacer una capa nueva donde finalmente se colocó vitrocerámica.</li> <li>Ocasionalmente hay desprendimiento de los cuadros de la vitrocerámica y son los mismos operadores quienes se encargan de pegar los nuevos.</li> <li>Adecuado y constante mantenimiento de los equipos y del tratamiento químico del agua. Las bombas ya han sido sustituidas. El filtro de arena se mantiene a pesar de su antigüedad.</li> <li>Continua vigilancia de la superficie. Hay sisas que están albergando algas negras.</li> <li>Conocimiento profundo de la instalación. El operador de la piscina tiene diez años de darle mantenimiento.</li> <li>La piscina tiene una pequeña fuga desde 1995 sin saberse donde se encuentra y si es debido a las tuberías o a la estructura propiamente.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valoración exhaustiva del depósito con el fin de verificar si efectivamente no presenta daños estructurales que no sean visibles. Es muy importante determinar la ubicación de la fuga así como encontrar la causa que la origina para proponer un procedimiento que permita eliminarla.</li> <li>Valoración del estado de tuberías y accesorios.</li> <li>Para ejecutar cualquier labor, por pequeña que parezca, alrededor de la piscina, debe contarse con estricta inspección de un profesional responsable.</li> <li>Hacer estudio de suelos y un análisis de vulnerabilidad ante boyancia, asentamientos, deslizamientos</li> <li>Evaluación primaria de la estructura según información de planos y de observaciones en campo, hacer un listado de las situaciones históricas que la piscina haya sufrido</li> </ul>

## Formulario para toma de datos del propietario de la piscina

Información General			
Fecha de la visita	23/09/2015		
Nombre de la empresa	Comité Cantonal de Deportes y Recreación de San Ramón		
Ubicación	San Ramón, Alajuela		
Teléfono			
Contacto	Gerardo Quesada		
Puesto	Operador de piscina		
Correo electrónico			
<b>Datos tomados en campo de condiciones geométricas</b>			
Forma de la piscina			
Ancho	A1: 20.0 m	A2:	A3:
Largo	L1: 25.0 m	L2:	L3:
Profundidad (es)	P1: 1.70 m	P2: 1.40 m	P3:
Nivel del agua	Con agua ( X ) Sin agua ( ) Nivel del agua:		
Tipo de piscina	Enterrada ( X ) Semi-enterrada ( ) Superficial ( )		
Si es semi enterrada, indicar altura expuesta:			
<b>Datos tomados de las fallas presentes</b>			
Junta de construcción	Sí ( ) No ( )		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Corrosión:			
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Signos de Corrosión:			

<b>Continuación de la toma de datos</b>		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	Sí ( ) No ( X )	Ubicación ( )
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua: 25 años		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción: 25 años		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( ) Otro ( ) No tiene (X)	
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Acabados de la superficie	Vitriocerámica ( ) Repello con pintura ( ) Otro ( X )	
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: Sí ( X ) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? Se le da mantenimiento preventivo a los equipos, hace seis meses se instalaron nuevas bombas y filtros de arena.		
¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál? Se ha ido cambiando el azulejo ya que se ha desprendido con el tiempo. Hay que corregir los bordes ya que no son antideslizantes y el Ministerio de Salud ha pedido que se le construya Canto Redondo.		
Balance de agua (tendencia)	Ácido ( ) Básico ( )	
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( ) Rocas ( ) Ríos ( ) Fallas ( )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	Sí ( ) No ( X ) Indicar nivel:	
Notas adicionales:		

## Formulario para toma de datos del propietario de la piscina

Información General			
Fecha de la visita	24/09/2015		
Nombre de la empresa	Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Palmares		
Ubicación	Palmares, Alajuela		
Teléfono			
Contacto	Gabriela Ramírez Ledezma		
Puesto	Operadora de piscina		
Correo electrónico			
Datos tomados en campo de condiciones geométricas			
Forma de la piscina			
Ancho	A1: 20	A2:	A3:
Largo	L1: 25	L2:	L3:
Profundidad (es)	P1: 1.70	P2: 1.40	P3:
Nivel del agua	Con agua ( X ) Sin agua ( ) Nivel del agua:		
Tipo de piscina	Enterrada ( X ) Semi-enterrada ( ) Superficial ( )		
Si es semi enterrada, indicar altura expuesta:			
Datos tomados de las fallas presentes			
Junta de construcción	Sí ( ) No ( )		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Corrosión:			
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Signos de Corrosión:			

<b>Continuación de la toma de datos</b>		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	Sí ( ) No ( X )	Ubicación ( )
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua: 40 años		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción:		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( ) Otro ( )	No tiene ( X )
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Acabados de la superficie	Vitriocerámica ( X )	Repello con pintura ( ) Otro ( )
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: Sí ( X ) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? Ninguno.		
<p>¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál?</p> <p>En este momento se le hará lo siguiente: mover los trampolines al lado correcto (de mayor profundidad), se le colocará el borde con antideslizante, se repararán las gradas, se le hará una entrada de agua con filtración, dado que el agua proviene de un pozo y trae arena. Se hará mantenimiento correctivo a la bomba y al sistema de filtración.</p>		
Balance de agua (tendencia)	Ácido ( )	Básico ( )
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( ) Rocas ( ) Ríos ( ) Fallas ( )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	Sí ( ) No ( X )	Indicar nivel:
Notas adicionales:		

## Formulario para toma de datos del propietario de la piscina

Información General			
Fecha de la visita	25/08/2015		
Nombre de la empresa	Ciudad de los Niños		
Ubicación	Cartago		
Teléfono	2556-2131		
Contacto	Sr. Fernando Martín		
Puesto	Profesor		
Correo electrónico	Fernando.martin@ciudaddelosninoscr.org		
Datos tomados en campo de condiciones geométricas			
Forma de la piscina	Rectangular		
Ancho	A1:7 m	A2:	A3:
Largo	L1:15.20 m	L2:	L3:
Profundidad (es)	P1: 3 m	P2: 1.40 m	P3:
Nivel del agua	Con agua ( x ) Sin agua ( ) Nivel del agua:		
Tipo de piscina	Enterrada ( x ) Semi-enterrada ( ) Superficial ( )		
Si es semi enterrada, indicar altura expuesta:			
Datos tomados de las fallas presentes			
Junta de construcción	Sí ( ) No ( x )		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
	Grietas	Posible causa:	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
	Grietas	Posible causa:	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Corrosión:	NO		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Signos de Corrosión:	NO		

<b>Continuación de la toma de datos</b>		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:	Sí	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	Sí ( ) No ( x )	Ubicación ( )
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua: 20 años		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción: 20 años		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( ) Otro ( ) No tiene ( x )	
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Deformaciones visibles en aceras circundantes	Sí ( x ) No ( ) λ:	
Acabados de la superficie	Vitrocerámica ( ) Repello con pintura ( x ) Otro ( )	
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: Sí ( x ) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? Únicamente en los equipos.		
¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál? Se ha pintado en 4 Ocasiones.		
Balance de agua (tendencia)	Ácido ( ) Básico ( )	
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( x ) Rocas ( ) Ríos ( ) Fallas ( )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	Sí ( ) No ( x ) Indicar nivel:	
Notas adicionales: No presenta agrietamientos en el vaso. En los alrededores se observan deformaciones en una de las esquinas. La pintura se ve dañada con pequeños agujeros. Tiene bordes redondeados.		

## Formulario para toma de datos del propietario de la piscina

Información General			
Fecha de la visita	21/10/2015		
Nombre de la empresa	UCR Turrialba		
Ubicación	Turrialba, Cartago		
Teléfono			
Contacto	Alejandro Ramírez		
Puesto	Operador de piscina		
Correo electrónico			
Datos tomados en campo de condiciones geométricas			
Forma de la piscina			
Ancho	A1: 12.5	A2:	A3:
Largo	L1: 25	L2:	L3:
Profundidad (es)	P1: 1.50	P2:	P3:
Nivel del agua	Con agua ( X ) Sin agua ( ) Nivel del agua:		
Tipo de piscina	Enterrada ( X ) Semi-enterrada ( ) Superficial ( )		
Si es semi enterrada, indicar altura expuesta:			
Datos tomados de las fallas presentes			
Junta de construcción	Sí ( ) No ( )		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Corrosión:			
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Signos de Corrosión:			

<b>Continuación de la toma de datos</b>		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	Sí ( X ) No ( )	Ubicación ( )
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua: 40 años		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción:		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( ) Otro ( )	No tiene ( X )
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Acabados de la superficie	Vitriocerámica (X) Repello con pintura ( )	Otro ( )
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: Sí (X) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? Hace un par de años se le quitó la pintura del fondo y se le colocó vitrocerámica, sin embargo antes de Hacer el cambio se hicieron pruebas de humedad en la losa, como dio elevada Removieron una parte de ésta para luego rellenar y así colocar el nuevo acabado. Cambio de la arena del filtro. Cambio de válvulas.		
¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál? Cambio de sistema de Bombeo.		
Balance de agua (tendencia)	Ácido ( ) Básico ( )	
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( ) Rocas ( ) Ríos ( x ) Fallas ( x )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	Sí ( ) No ( X )	Indicar nivel:
Notas adicionales: Tiene una leve fuga desde hace 5 años que no han detectado la ubicación, según el operador ésta es muy pequeña por lo que no se ha visto la necesidad de indagar más.		

## Formulario para toma de datos del propietario de la piscina

Información General			
Fecha de la visita	13/08/2015		
Nombre de la empresa	CATIE		
Ubicación	Turrialba		
Teléfono	2558-2576		
ContactoA<	Sr. Juan Carlos Ramírez		
Puesto	Jefe de Servicios Generales y Producción		
Correo electrónico	jramirez@catie.ac.cr		
Datos tomados en campo de condiciones geométricas			
Forma de la piscina	Rectangular		
Ancho	A1: 9.90m	A2:	A3:
Largo	L1: 25.9 m	L2:	L3:
Profundidad (es)	P1: 1.20m	P2: 2.15m	P3: 3.20m
Nivel del agua	Con agua ( x ) Sin agua ( ) Nivel del agua:		
Acabados	Pintura ( ) Vitrocerámica ( x ) Otro ( )		
Tipo de piscina	Enterrada ( x ) Semi-enterrada ( ) Superficial ( )		
Si es semi enterrada, indicar altura expuesta:			
Datos tomados de las fallas presentes			
Junta de construcción	Sí ( x ) No ( )		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud: 1.65m	Ubicación: A 13 m del extremo	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Corrosión:	NO		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	

<b>Continuación de la toma de datos</b>		
Signos de Corrosión:	NO	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:	SÍ	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	SÍ ( ) No ( x ) Ubicación ( )	
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua: 40 años		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción: 40 años		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( ) Otro ( ) No tiene ( x )	
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Deformaciones visibles en aceras circundantes	SÍ ( x ) No ( ) λ:	
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: SÍ ( x ) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? Únicamente en los equipos.		
¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál? Se ha pintado en 4 ocasiones.		
Balance de agua (tendencia)	Ácido ( ) Básico ( )	
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( x ) Rocas ( ) Ríos ( ) Fallas ( x )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	SÍ ( ) No ( x ) Indicar nivel:	
Notas adicionales: CATIE desea disminuir la profundidad de la piscina por lo cual desea previo a esta modificación ver posible solución a la grieta que se presenta.		



<b>Continuación de la toma de datos</b>		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Signos de Corrosión:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	Sí ( x ) No ( )	Ubicación ( )
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua:		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción:		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( ) Otro ( ) No tiene ( x )	
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Acabados de la superficie	Vitriocerámica ( x ) Repello con pintura ( ) Otro ( )	
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: Sí ( x ) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? No.		
¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál? Se hizo by pass en una de las tuberías de modo que se detuvo la fuga de agua producida por la ruptura de uno de sus tubos, esto ocurrió después de un sismo. La fuga estuvo presente durante 15 días.		
Balance de agua (tendencia)	Ácido ( ) Básico ( )	
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( x ) Rocas ( ) Ríos ( ) Fallas ( )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	Sí ( ) No ( x ) Indicar nivel:	
Notas adicionales: Se observa en muy buenas condiciones estructurales.		

## Formulario para toma de datos del propietario de la piscina

Información General			
Fecha de la visita	26/08/2015		
Nombre de la empresa	Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Cartago		
Ubicación	Cartago		
Teléfono			
Contacto	Sr. Adrián Rojas		
Puesto	Mantenimiento		
Correo electrónico			
Datos tomados en campo de condiciones geométricas			
Forma de la piscina	Rectangular. Olímpica		
Ancho	A1: 25 m	A2:	A3:
Largo	L1: 50 m	L2:	L3:
Profundidad (es)	P1: 1.50 m	P2: 2.0m	P3: 1.50 m
Nivel del agua	Con agua ( x ) Sin agua ( ) Nivel del agua:		
Tipo de piscina	Enterrada ( x ) Semi-enterrada ( ) Superficial ( )		
Si es semi enterrada, indicar altura expuesta:			
Datos tomados de las fallas presentes			
Junta de construcción	Sí ( x ) No ( )		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Corrosión:	NO		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	

<b>Continuación de la toma de datos</b>		
Signos de Corrosión:	NO	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:	SÍ	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	SÍ ( x ) No ( )	Ubicación (Skimmers )
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua: 17 años		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción: 17años		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( x ) Otro ( ) No tiene ( )	
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Deformaciones visibles en aceras circundantes	SÍ ( ) No ( ) λ:	
Acabados de la superficie	Vitrocerámica ( x ) Repello con pintura ( ) Otro ( )	
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: SÍ ( x ) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? Únicamente en los Equipos, no así en la piscina.		
¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál? NO.		
Balance de agua (tendencia)	Ácido ( x ) Básico ( )	
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( ) Rocas ( ) Ríos ( ) Fallas ( )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	SÍ ( x ) No ( ) Indicar nivel:	
Notas adicionales: En este caso la piscina cuenta con numerosas grietas en su fondo que no se podrán ubicar de manera convencional, habrá que colocarlas sobre un plano.		

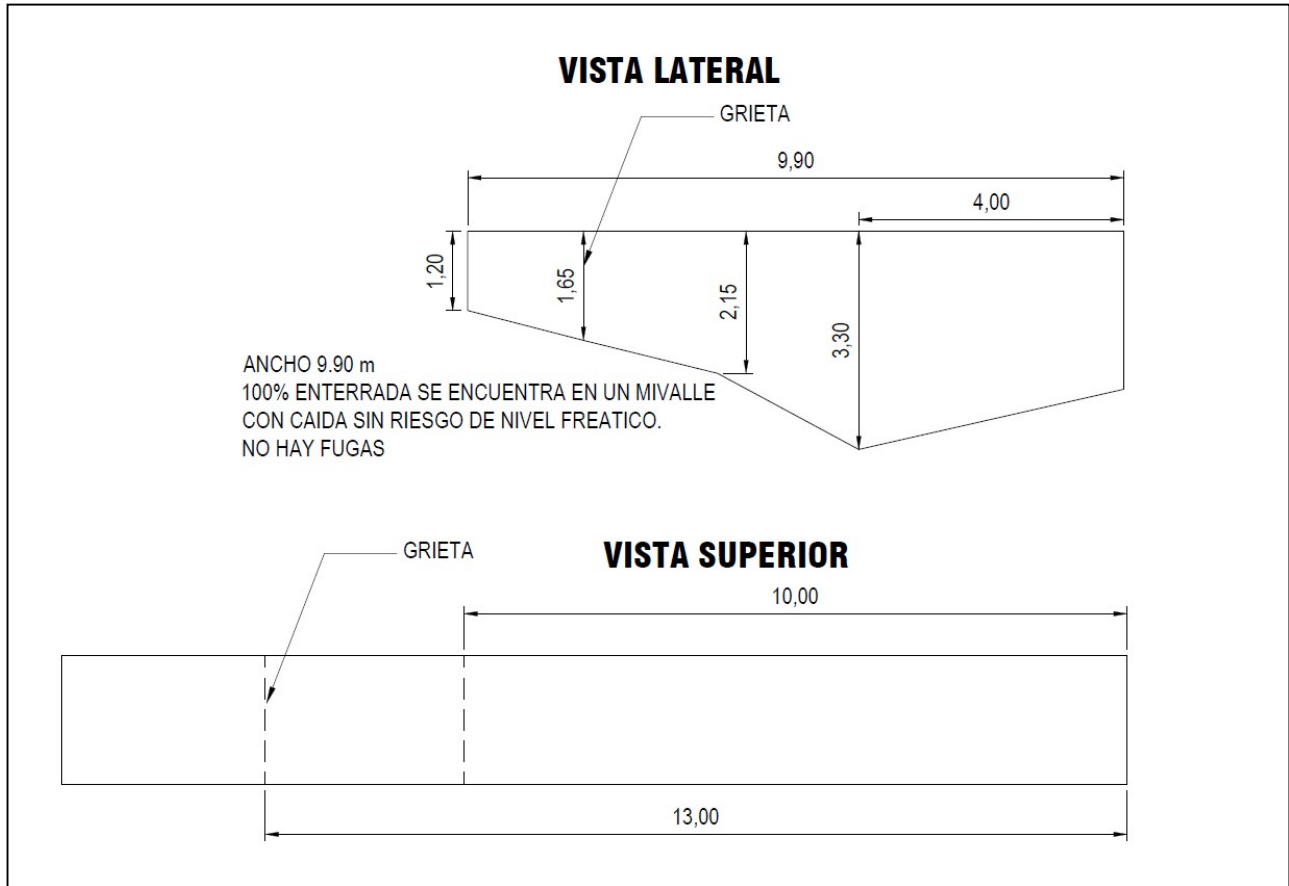
## Formulario para toma de datos del propietario de la piscina

Información General			
Fecha de la visita	26/08/2015		
Nombre de la empresa	Comité Cantonal de Deportes y Recreación de Cartago		
Ubicación	Cartago		
Teléfono			
Contacto	Sr. Adrián Rojas		
Puesto	Mantenimiento		
Correo electrónico			
Datos tomados en campo de condiciones geométricas			
Forma de la piscina	Cuadrada. Pedagógica.		
Ancho	A1: 20 m	A2:	A3:
Largo	L1: 20 m	L2:	L3:
Profundidad (es)	P1: 1.20 m	P2:	P3:
Nivel del agua	Con agua ( x ) Sin agua ( ) Nivel del agua:		
Tipo de piscina	Enterrada ( x ) Semi-enterrada ( ) Superficial ( )		
Si es semi enterrada, indicar altura expuesta:			
Datos tomados de las fallas presentes			
Junta de construcción	Sí ( x ) No ( )		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Grietas:	Posible causa:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	
Corrosión:	NO		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:	

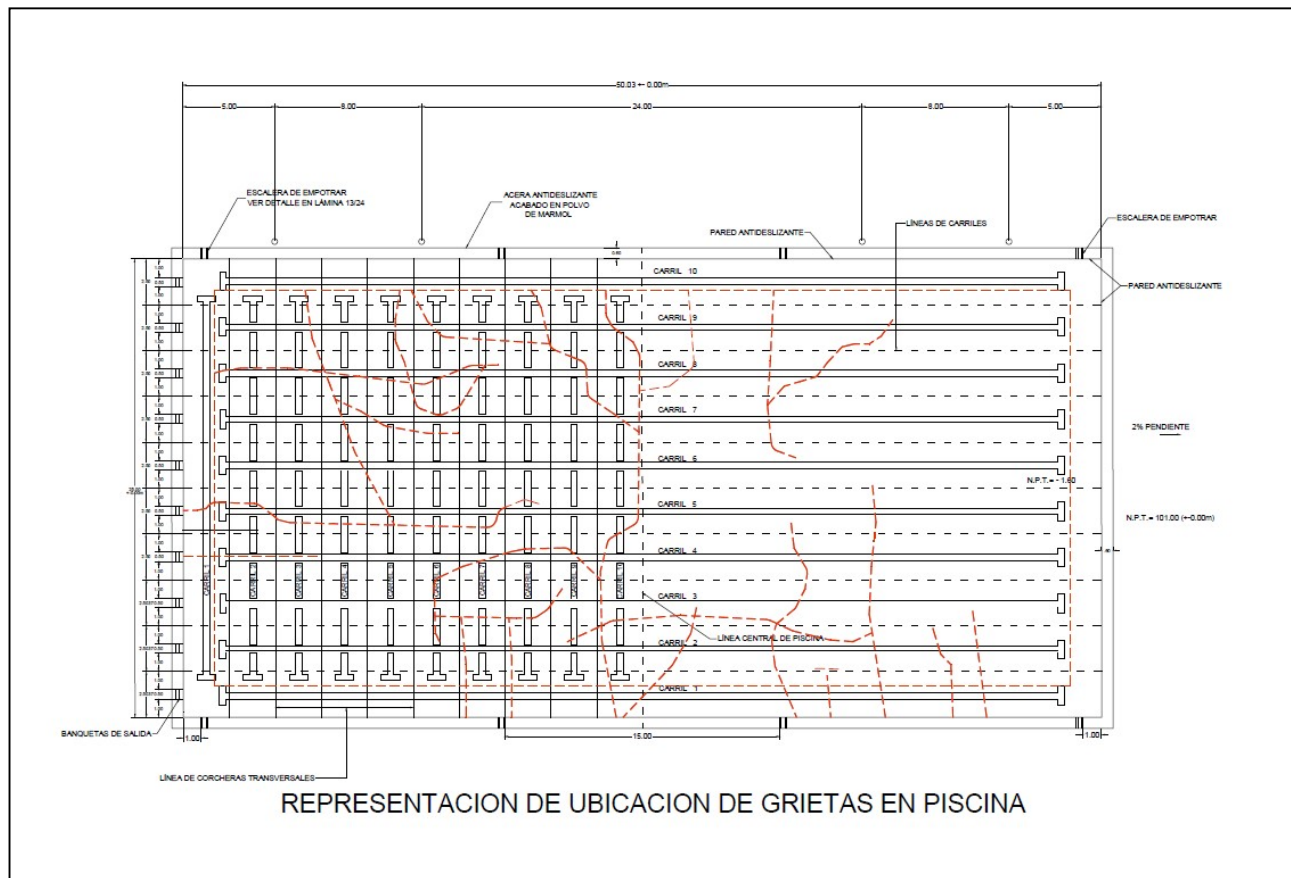
Continuación de la toma de datos		
Signos de Corrosión:	NO	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:	SÍ	
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
Acero o agregados expuestos:		
Profundidad:	Longitud:	Ubicación:
<b>Datos complementarios</b>		
Historial de fugas conocidas	SÍ ( ) No ( x ) Ubicación ( )	
Años de funcionamiento de la piscina de forma continua: 17 años		
Años de permanecer sin agua: 0		
Edad de la construcción: 17años		
Documentos existentes	Bitácora ( ) Planos ( x ) Otro ( ) No tiene ( )	
Cantidad de pruebas de presión hidrostática: 0		
Deformaciones visibles en aceras circundantes	SÍ ( ) No ( ) λ:	
Acabados de la superficie	Vitrocerámica ( x ) Repello con pintura ( ) Otro ( )	
Recibe tratamiento químico el agua de manera periódica: SÍ ( x ) No ( )		
¿Se ha realizado mantenimientos de tipo preventivo? ¿Cuál? Únicamente en los equipos. En el vaso han sido correctivos.		
¿Se ha hecho mantenimiento de tipo correctivo? ¿Cuál? Inicialmente la piscina Tenía granito como acabado, con el paso del tiempo se deterioró por lo que se le Colocó cerámica, la cual se mantuvo por dos meses y se desprendió, por esta Razón se decidió colocar vitrocerámica.		
Balace de agua (tendencia)	Ácido ( x ) Básico ( )	
Presencia de formaciones geológicas en los alrededores		
Montaña ( ) Rocas ( ) Ríos ( ) Fallas ( )		
Tipo de suelo:		
Presencia o sospecha de nivel freático elevado	SÍ ( x ) No ( ) Indicar nivel:	
Notas adicionales: No presenta agrietamientos ni deformaciones visibles.		



# Esquema de la Piscina del CATIE



# Esquema Piscina del Ccdr Cartago







# Referencias

American Concrete Institute. Causas, Evaluación y Reparación de Fisuras en Estructuras de hormigón. ACI 224.1R-93 Informado por el Comité ACI 224. USA.

American Concrete Institute. Code Requirements for Environmental Engineering Concrete Structures (ACI 350-01) and Commentary (ACI 350R-01). ACI Committee 350 Environmental Engineering Concrete Structures. USA.

Asociación Costarricense de Geotecnia. Comisión Código de Cimentaciones de Costa Rica. 2009. Código de Cimentaciones de Costa Rica. Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos 2010. Código Sísmico de Costa Rica 2010. Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica.

Europoolshop.com - Piscinas, Spas & Saunas y Accesorios de Piscina.  
Europoolshop.<http://www.europoolshop.com/>

Gedar. Soluciones para el Tratamiento de Aguas.  
<http://www.gedar.com/>

Indian Institute of Technology Kanpur. 2007. IITK-GSDMA Guidelines for Seismic Design of Liquid Storage Tanks. Nicee.

Ministerio de Salud. Reglamento Manejo de Piscinas. 1998 Costa Rica

Mora Fonseca Gustavo A. 2008. Manual para el Diseño y Construcción de Piscinas Residenciales y Semideportivas. Tesis de Licenciatura. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

National Swimming Pool Foundation. Diving Facilities. USA. 2010

National Swimming Pool Foundation. Swimming Pools. Facilities. USA. 2010

Peter H. Emmons. Concrete Repair and Maintenance Illustrated. USA: RS Means.