

Evaluación técnica y económica de la construcción de una piscina ecológica en el Campus San Andrés de la Universidad Católica de la Santísima Concepción.

Jorge Rodríguez Henríquez¹ Catterina Sobenes Vennekool² y Guillermo Bustamante^{2 3}

RESUMEN:

En el presente estudio de pre factibilidad técnica y económica se evaluó un proyecto a nivel de prefactibilidad para la construcción de una piscina ecológica que permita su uso por carreras de pregrado, así como de la comunidad universitaria, ubicada en el campus San Andrés de la Universidad Católica de la Santísima Concepción. Se definió la ubicación, tamaño, diseño, materialidad, constructibilidad y costo del proyecto. Para ello, se realizó entrevistas a agentes claves de la universidad de forma de definir la localización y tamaño. El lugar fue definido mediante el método cualitativo por puntos. Se efectuaron los cálculos ingenieriles para la construcción de la piscina rigiéndose por la normativa chilena. Finalmente, se evaluó el costo anual equivalente del proyecto, analizando los costos de mantención, y el costo inicial del proyecto.

Se definió una piscina de 312 m² ubicada a un costado del edificio central del campus San Andrés de la universidad con una zona de regeneración del agua de 62,5m². Además, su diseño y materialidad se definió de hormigón armado con una forma rectangular. El costo anual equivalente del proyecto de la piscina ecológica fue de 330 UF.

PALABRAS CLAVES: concreto, sostenibilidad, regeneración ecológica, costo anual equivalente.

ABSTRACT:

In this technical and economic pre-feasibility study, a project was evaluated at the pre-feasibility level for the construction of an ecological swimming pool intended for use by undergraduate programs as well as the university community, located at the San Andrés campus of the Universidad Católica de la Santísima Concepción. The project's location, size, design, materiality, constructibility, and cost were defined. To achieve this, interviews were conducted with key university stakeholders to determine the location and size of the pool. The site was selected using a qualitative point-based method. Engineering calculations for the pool's construction were carried out in compliance with Chilean regulations.

A 312 m² pool was defined, situated next to the central building of the San Andrés campus, including a 62.5 m² water regeneration zone. Additionally, its design and material were determined as reinforced concrete with a rectangular shape. The equivalent annual cost of the ecological swimming pool project was estimated at 330 UF.

KEYWORDS: concrete, sustainability, ecological regeneration, equivalent annual cost

¹ Estudiante, Carrera de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, jrodriguez@ing.ucsc.cl

² Profesor Guía, D. de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, csobenes@ucsc.cl

³ Profesor Informante, D. de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, gbustamante@ucsc.cl

1. INTRODUCCIÓN

Cada año la temperatura en época de verano se ha ido incrementando considerablemente, esto producto de los cambios climáticos que ha estado viviendo el planeta (Araya-Osses et al., 2020). Para ello, las alternativas de sobrellevar estas altas temperaturas por parte de las personas son mediante el uso de cuerpos de agua como playas, ríos, lagos, o piscinas construidas con tal fin. Es por esto, que se diseñan distintas alternativas para recrearse, refrescarse y a su vez tenga el menor impacto ambiental posible, a modo de contrarrestar las altas temperaturas, el cual pueda estar ubicado dentro de su propio terreno. Así es como surge la idea de disponer de una piscina ecológica (Pizarro, 2019).

Desde un principio el hombre ha buscado la manera de almacenar agua utilizando variados materiales, y buscando la forma correcta, la cual permita tener un espacio adecuado para poder introducirse y sumergirse en ella, para poder aprovechar estas aguas en los momentos de altas temperaturas. Así es como se construyeron las primeras piscinas (Ávila, 2021). Con el pasar de los años, y la creación de nuevas tecnologías, nuevos materiales y herramientas, es que estas estructuras se han ido mejorando, incluso implementando sistemas de calefacción de aguas, para poder utilizar las piscinas en épocas donde las temperaturas son más bajas (Schroder, 2018). Las piscinas domiciliarias generalmente son fabricadas con hormigón o fibra de vidrio, por su vida útil más prolongada, existiendo alternativamente las piscinas desmontables las que pueden ser de madera, acero, PVC, tubulares (Inspiración Al Cuadrado, 2022). Sin embargo, la necesidad de evitar elementos tóxicos para las personas como al medio ambiente, se ha buscado soluciones que consideren los principios de la naturaleza construyéndose actualmente las piscinas ecológicas (Sánchez, 2011).

La UCSC dispone de amplios espacios de recreación como canchas de fútbol, tenis, y una fuente de agua en detención (UCSC, 2024). Para ofrecer otros elementos a la comunidad, que concuerde con los principios de sostenibilidad de la universidad, es que se desea evaluar la factibilidad técnica y económica de la construcción y operación de una piscina ecológica.

1.1. Descripción de las Piscinas Ecológicas

Sánchez (2011) señala que en las piscinas ecológicas no se precisa la utilización de productos químicos para desinfectar, como por ejemplo el cloro o el bromo, sino que son piscinas que imitan el ciclo de la naturaleza para realizar la depuración y filtración de las aguas, mediante tierra de diferente granulometría y varias plantas acuáticas. A diferencia de las piscinas convencionales, ésta tiene una clara separación entre lo que es la zona de baño y la zona de regeneración del agua (Bioantu, 2022). Estas dos zonas tendrán un tamaño determinado, dependiendo de las plantas y preparaciones técnicas que se vayan a usar (ver figura 1).

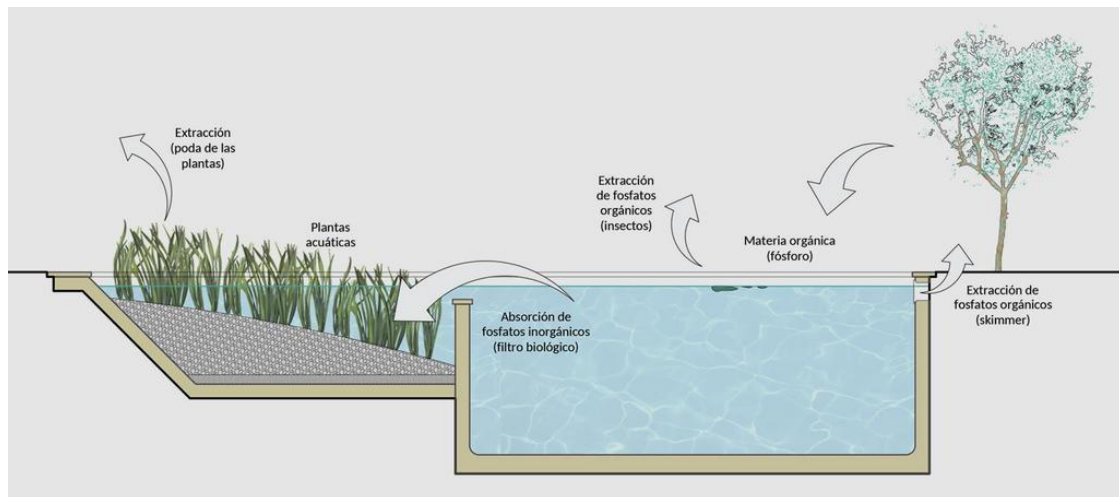


Figura 1. Esquema de una piscina ecológica (Fuente: Singular Green, 2020).

Las piscinas naturalizadas están diseñadas para integrarse armónicamente en el paisaje, utilizando una amplia variedad de formas, materiales y plantas acuáticas que aportan al equilibrio ecológico del entorno. Este tipo de piscinas permite disfrutar de un baño completamente natural, es solo comparable al baño en aguas cristalinas de arroyos o lagos naturales. Además de brindar un espacio recreativo. Estas piscinas ofrecen beneficios ecológicos al reducir el uso de químicos y promover un ambiente acuático saludable y sostenible, que respeta y realza el paisaje (ARAGroup, S.F).

A continuación, se muestran los componentes de la piscina ecológica y sus funcionamientos (Sánchez, 2011):

1. El skimmer tamiz curvo mantiene automáticamente la superficie del agua limpia de hojas e impurezas flotantes.
2. Zona de filtración
3. Oxigenación del agua
4. Bomba de recirculación
5. Pared sumergida para separar zona de baño de la zona de la planta

1.1.1 Skimmer tamiz de curvas

Este dispositivo tiene una especie de cesta o caja, cuya función es capturar y retener impurezas como hojas, insectos y otros residuos que flotan en la superficie del agua de la piscina, incluida la grasa y los restos de productos corporales (Sánchez, 2011).

El skimmer de la piscina tiene un orificio por el que se aspira el agua. Suele estar equipado con un sistema de succión que arrastra el agua hacia la cesta, lo que permite limpiar el agua y hacerla circular de nuevo hacia la piscina. De este modo, sirve para "colar" la suciedad que queda flotando en el agua.

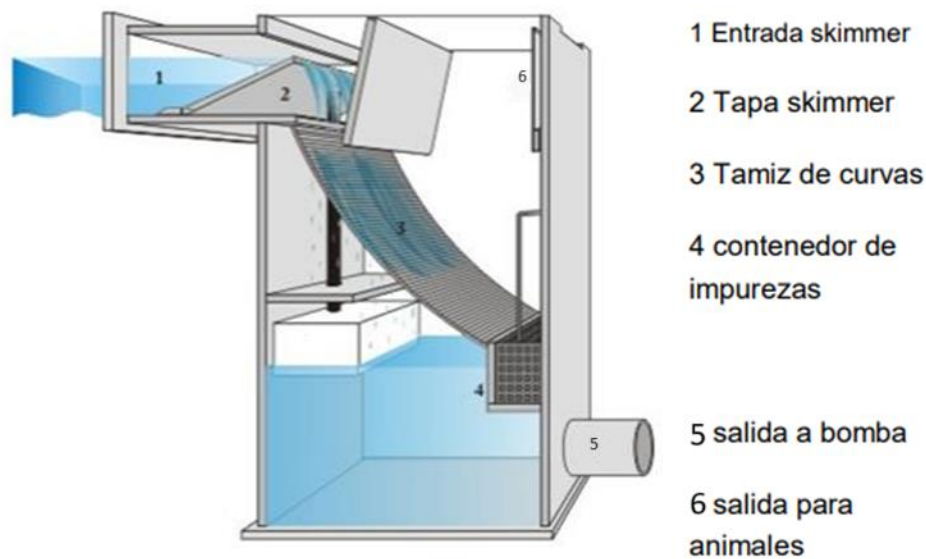


Figura 2. Esquema del Skimmer tamiz (Fuente: Sánchez, 2011).

1.1.2 Zona de Filtración

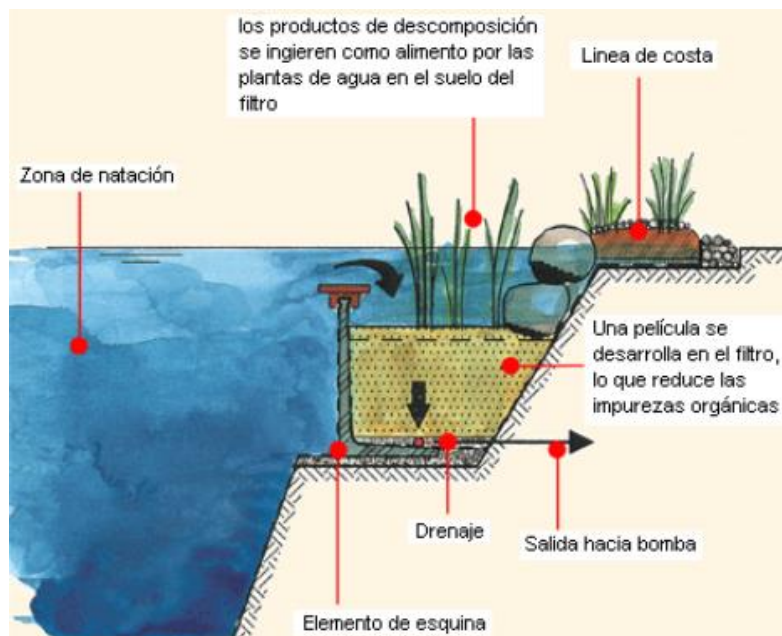


Figura 3. Esquema de la zona de filtración (Fuente: Sánchez, 2011).

La zona de filtración está compuesta por capas de materiales de composición y tamaño seleccionados. Cada estructura se diseña para cada proyecto según las necesidades y dimensiones solicitadas por el cliente (Sánchez, 2011):

- El uso de **plantas acuáticas** (macrófitos) para la depuración del agua no es algo novedoso, ya que viene ocurriendo desde siempre en los ecosistemas. Desde el punto de vista ecológico, los macrófitos acuáticos tienen una gran importancia en el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos epicontinentales: relacionan el agua y el sustrato, contribuyendo a la mineralización de la materia orgánica depositada en el agua, a su

oxigenación, y transparencia. Los nutrientes que se depositan en el medio, también son reciclados por macrófitos.

- La **Fitodepuración** es un sistema que se usa para la depuración de aguas residuales basado en la utilización de humedales artificiales en los que se desarrollan plantas acuáticas (hidrofitos) que contribuyen activamente a la eliminación de los contaminantes, principalmente la materia orgánica.
- En las **Biopiscinas** se usan plantas propias de los humedales: las hay flotantes, las que viven completamente inmersas en el agua, de entre las cuales algunas especies son grandes productoras de oxígeno, y ayudan a mantener a las bacterias nitrificantes (bacterias que transforman el amoníaco en amonio).

Las anfibias, también denominadas helófitos o plantas emergentes son las que más importancia tienen en los procesos de depuración, y sus tallos y hojas, tras atravesar la lámina de agua, emergen por encima de la superficie desarrollando las funciones propias de los vegetales (fotosíntesis, floración, reproducción, fructificación y diseminación, entre otras) en contacto con el aire atmosférico.

1.1.3 Oxigenación

La oxigenación es muy importante para no romper el ciclo del carbono, que gracias al cual se mantiene un equilibrio biológico importante en la naturaleza, sin el cual no es posible albergar vida en el estanque de manera prolongada.

1.1.4 Bomba de recirculación

La bomba es calculada para un caudal capaz de mover el volumen de la zona de baño de 2,5 a 4 veces en las horas de luz del momento de máxima radiación solar.

1.1.5 Pared sumergible a modo de la barrera



Figura 4. Esquema muro sumergido de separación. (Fuente: Sánchez, 2011)

Se utilizan muros de hormigón para separar la zona de baño y la zona de plantación (Depuración del agua). La parte superior de la pared está por debajo de la superficie y puede ser utilizado para sentarse y disfrutar de la plantación de cerca.

La parte superior de la pared se puede cubrir con madera o piedras. Además, las paredes verticales de arriba abajo en la zona de baño proporcionan una clara separación de la zona de plantación.

2. OBJETIVOS

Por ello el presente proyecto propone como objetivos:

2.1. Objetivo General:

Diseñar, dimensionar y evaluar la construcción de una piscina ecológica en el Campus San Andrés de la UCSC.

2.2. Objetivos específicos

- i) Determinar el tamaño y localización de la piscina ecológica.
- ii) Diseñar los elementos constructivos de la piscina ecológica.
- iii) Evaluar la viabilidad económica de la piscina ecológica.

3. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el cumplimiento de los objetivos propuestos se describe según las siguientes etapas:

- Definir el tamaño de la piscina mediante entrevistas a personas con conocimiento que estén en cargos relacionados dentro de la universidad.
- Búsqueda de la Localización dentro del campus de la UCSC ubicada en Campus San Andrés.
- Determinar el diseño y materialidad del proyecto mediante estudios realizados en proyectos anteriores.
- Realizar una evaluación económica de la inversión y costos de operación.

3.1. Tamaño y localización de la piscina ecológica

Se confeccionó una serie de preguntas en forma de entrevista que se realizó a funcionarios de la Universidad, con el fin de obtener información que facilite determinar el tamaño y ubicación de la piscina ecológica dentro del campus, Las respuestas obtenidas se encuentran detalladas en el ANEXO 1.

Se definieron posibles localizaciones, en el cual se llevó a cabo un proceso integral que involucra la evaluación de varias áreas clave de la zona. Primero, se identificaron los espacios disponibles que cumplen con los requisitos técnicos y funcionales, considerando factores como la proximidad a otras instalaciones recreativas y la accesibilidad para los usuarios. Se evaluaron áreas cercanas a zonas verdes y espacios al aire libre, ya que éstos ofrecen ventajas en términos de integración con el entorno natural. Además, se tuvieron en cuenta las características del terreno asegurando que el sitio seleccionado permita un adecuado drenaje.



Figura 5. Posible Localizaciones en Campus san Andrés enmarcadas en azul e indicadas con chincheta amarilla (Fuente: Elaboración Propia)

En la figura 5 se presentan las tres posibles áreas dentro del campus San Andrés en las que se podría realizar el proyecto. La primera área se encuentra a un costado del edificio central de la universidad consta con una longitud de 40 metros de largo y 22 metros de ancho, correspondiente a una superficie libre de 880 m^2 . La segunda área se encuentra adyacente a las instalaciones deportivas existentes, lo que podría facilitar el acceso para los estudiantes y potenciar el uso combinado de las instalaciones recreativas, el área 2 cuenta con una forma trapezoidal en la cual su ancho es de 30 metros, la longitud de un lado mide 32 metros y del otro lado mide 19 metros dejando una superficie libre de 765 m^2 . Finalmente, la tercera área que se encuentra a un costado del domo de la universidad también cuenta con una forma trapezoidal donde tiene un ancho de 22 metros y una de sus longitudes de 28 metros mientras que la longitud del otro costado es de 20 metros dejando una superficie libre de 528 m^2 .

La localización del proyecto puede determinar el éxito o fracaso de un negocio. Por ello, la decisión de dónde ubicar el proyecto obedecerá no solo a criterios económicos, sino también a criterios estratégicos, institucionales, e incluso, de preferencias emocionales.

Existen diferentes métodos de evaluación por factores para la determinación de la localización, en este proyecto se utilizó el método de evaluación cualitativo por puntos.

Este método consiste en definir los principales factores determinantes de una localización, para asignarles valores ponderados de peso relativo, de acuerdo con la importancia que se les atribuye. El peso relativo, sobre la base de la suma igual a uno, depende fuertemente del criterio y experiencia del evaluador.

Al comparar dos o más localizaciones opcionales, se procede a asignar una calificación a cada factor en una localización de acuerdo a una escala predeterminada. La suma de las clasificaciones ponderadas permitirá seleccionar la localización que acumule el mayor puntaje (Esparza, s.f.).

Entre los factores que se pueden considerar para realizar la evaluación, se encuentran los siguientes:

- Factor geográfico, relacionado con las condiciones naturales que rigen en las distintas zonas, como el clima, los niveles de contaminación y desechos, las comunicaciones, etc.

- Factor Sociales, los relacionados con la adaptación del proyecto al ambiente y la comunidad.
- Factor económico, que se refiere a los costos de los suministros e insumos en esa localidad.

La puntuación total para cada alternativa se calcula como la suma de las puntuaciones para cada factor ponderadas según su importancia relativa.

$$Ponderación A = \sum_{i=1}^{n=\infty} Cr_n * Pa_n \quad \text{Ec. (1)}$$

Donde:

Cr_n : Criterio n

Pa_n : Peso asignado n

El método utilizado para definir la localización del proyecto fue validado por los expertos en el tema, el Sr. Jorge Ramírez Montecinos subdirector de Operaciones de la UCSC y Felipe Vergara Jefe de Infraestructura de la universidad y las opiniones del Sr. Guillermo Bustamante académico de la UCSC. Estos expertos evaluaron cada uno de los criterios considerados en el proceso de selección, verificando que la metodología aplicada sea rigurosa y esté alineada con las mejores prácticas del sector. Además, su aporte permitió identificar posibles mejoras o ajustes en el método.

3.2. Diseño y Materialidad del Proyecto

El diseño de una piscina natural es un proceso que requiere planificación cuidadosa y conocimientos especializados. Esta debe considerar dos áreas: una zona de baño y una zona de regeneración del agua, específicamente diseñada para el sistema de purificación de agua constituido por plantas y la flora que mantienen limpia el agua.

Desde el punto de vista estructural la piscina considera dos partes: losa de fondo y paredes perimetrales, también incluye elementos secundarios, pero no menos importantes que cumplen funciones específicas:

- Acera: Este elemento estructural sirve como un área perimetral que delimita y protege el espacio de la piscina.
- Escaleras: Permite el acceso seguro y cómodo a la zona de nado.
- Gradadas: Permiten a los usuarios ingresar progresivamente al agua, ofreciendo una opción cómoda, especialmente para niños y personas mayores.
- Rebosadero: Este elemento permite mantener el nivel adecuado del agua.
- Revestimiento: Es una capa de acabado que cubre la estructura interna de la piscina, como paredes, fondo, con el objetivo de impermeabilizar, proteger y mejorar su estética.

3.2.1. Diseño arquitectónico

El diseño arquitectónico de la piscina ecológica se desarrolló según la disponibilidad del terreno identificando las características físicas y limitaciones de éste. A partir de esa información, se definió la forma, estableciendo las áreas funcionales como la zona de nado, la zona de regeneración del agua y los espacios auxiliares como el cuarto de bomba.

3.2.2. Estructura de la piscina zona de nado

3.2.2.1. Muros Perimetrales

Basándose en el informe de mecánica de suelos elaborado para la construcción del edificio central, proporcionados por la universidad, se determinó que la napa freática se encuentra a una profundidad de

5 metros respecto a la estratigrafía donde se ejecutará la fundación. Por lo tanto, este proyecto no contempla cálculos relacionados con presión hidrostática que puedan afectar la estructura.

Para determinar el ancho del muro se estimó los estados límites últimos, estimando los factores de seguridad para deslizamiento y para vuelco, y la evaluación del empuje del suelo sobre el muro.

3.2.2.1.1. Factor de Seguridad deslizamiento (FSd)

Este factor permite cuantificar la diferencia entre las condiciones del talud y las fuerzas que llevarían a romperse. Este factor debe estar entre 1,5 y 2.

$$FSd = \frac{\sum \text{Fuerzas Resistentes}}{\sum \text{Fuerzas Deslizantes}} \quad \text{Ec. (2)}$$

Donde:

Fuerzas Resistentes (kN): Peso del muro, peso del suelo, empuje pasivo

Fuerzas Deslizantes (kN): Empuje activo, empuje agua.

3.2.2.1.2. Factor de Seguridad volcamiento (FSv)

Este factor considera la condición estática, y debe ser mayor o igual a 1,5.

$$FSv = \frac{\sum \text{Momentos Resistentes}}{\sum \text{Momentos Volcantes}} \quad \text{Ec. (3)}$$

Donde:

Momentos Resistentes (kN): Peso del muro, peso del suelo, Empuje Pasivo

Momentos Volcantes: Empuje activo, Empuje Agua

3.2.2.1.3. Empuje activo de suelos.

Para el caso de los muros que van desplazándose o deflectándose lo suficiente como para alcanzar las condiciones mínimas de empuje activo, se considera el coeficiente lateral activo de tierras, calculando la ecuación 4.:

$$K_a = \left[\frac{\sec(\alpha) \cos(\phi' - \alpha)}{\sqrt{\cos(\alpha + \delta') + \frac{\sin(\phi' + \delta') \sin(\phi' - \beta)}{\cos(\beta - \alpha)}}} \right]^2 \quad \text{Ec. (4)}$$

Considerando: trasdós vertical ($\alpha = 0$), terreno de coronación vertical ($\beta = 0$), roce nulo ($\delta = 0$)

$$K_a = \frac{\cos^2(\phi')}{[1 + \sin(\phi')]^2} = \frac{1 - \sin(\phi)}{1 + \sin(\phi)} \quad \text{Ec. (5)}$$

Donde:

α : Ángulo de inclinación del trasdós.

β : pendiente del talud en coronación.

δ : Ángulo de razonamiento suelo/muro.

ϕ : Ángulo de razonamiento del suelo.

3.2.2.2. Losa de fondo

En la losa de fondo se buscan cualidades como impermeabilidad, soporte, rigidez entre otras, típicamente son construidas de hormigón armado, formando en una sola descarga continua, según los requerimientos del caso a resolver con barras de acero de diferentes diámetros.

El diseño de la losa del fondo de la piscina se deben estimar ciertos parámetros, para luego verificar que estos respectivos valores se cumplan. Algunos de los parámetros a utilizar es el hormigón G-20 y el acero A630-420H y estimaremos un espesor de losa de 30 cm.

Tabla 1. Parámetros losa

Datos		
Hormigón	G-20	
Acero	A630-420H	
Espesor (e)	30	cm

(Fuente: Elaboración propia)

Tabla 2. Parámetros de los Materiales

Datos de los materiales		
Resistencia cilíndrica del hormigón (f'_c)	200	kg/cm^2
Resistencia de fluencia del acero (f_y)	4200	kg/cm^2
Espesor de la losa (e)	0,3	m
Sobrecarga	200	kg/m^2
Peso específico del hormigón. (γ_h)	2500	kg/m^3

(Fuente: Elaboración propia)

Las losas que tengan relación l_a/l_b menor a 2 necesitan ser tratadas como losas en dos direcciones. Definiendo como será tratada la losa, se procede a calcular los momentos últimos:

3.2.2.2.1. Momento Negativo Continuo

$$W = 1,2 * D + 1,6 * L \quad \text{Ec. (6)}$$

$$M_a^- = C_a * W * l_a^2 \quad \text{Ec. (7)}$$

$$M_b^- = C_b * W * l_b^2 \quad \text{Ec. (8)}$$

Donde:

W : Carga muerta más la carga viva (kg/m^2)

C_a : Coeficiente obtenido de tabla 1 de ANEXO 2, según dado la relación l_a/l_b

C_b : Coeficiente obtenido de tabla 2 de ANEXO 2, según dado la relación l_a/l_b

M_a^- : Momento negativo en el lado a (kgm/m)

M_b^- : Momento negativo en el lado b (kgm/m)

3.2.2.2.2. Momento Positivo (W)

$$W = 1,2 * D \quad \text{Ec. (9)}$$

$$M_a^+ = C_a * W * l_a^2 \quad \text{Ec. (10)}$$

$$M_b^+ = C_b * W * l_b^2 \quad \text{Ec. (11)}$$

Donde:

W : Carga muerta uniforme total (kg/m^2)

C_a : Coeficiente obtenido de tabla 3 de ANEXO 2, según dado la relación l_a/l_b

C_b : Coeficiente obtenido de tabla 4 de ANEXO 2, según dado la relación l_a/l_b

M_a^+ : Momento positivo en el lado a (kgm/m)

M_b^+ : Momento positivo en el lado b (kgm/m)

$$W = 1,2 * L \quad \text{Ec. (12)}$$

$$M_a^+ = C_a * W * l_a^2 \quad \text{Ec. (13)}$$

$$M_b^+ = C_b * W * l_b^2 \quad \text{Ec. (14)}$$

Donde:

W : Carga viva uniforme total (kg/m^2)

C_a : Coeficiente obtenido de tabla 5 de ANEXO 2, según dado la relación l_a/l_b

C_b : Coeficiente obtenido de tabla 6 de ANEXO 2, según dado la relación l_a/l_b

M_a^+ : Momento positivo en el lado a (kgm/m)

M_b^+ : Momento positivo en el lado b (kgm/m)

3.2.2.2.3. Momento Negativo Discontinuo

$$M_a^- = \frac{1}{3} * M_a^+ \quad \text{Ec. (15)}$$

$$M_b^- = \frac{1}{3} * M_b^+ \quad \text{Ec. (16)}$$

Donde:

M_a^+ : es la suma de los momentos en a positivos (carga muerta uniforme y carga viva uniforme)

M_b^+ : sumatoria de los momentos en b positivos (carga muerta uniforme y carga viva uniforme)

Luego de obtener nuestros momentos últimos se estiman las áreas de aceros (A_s) a utilizar en la loza despejando la siguiente ecuación:

$$A_{s_{min}} = 0,0018 * b * d \quad \text{Ec. (17)}$$

$$M_u \leq \Phi * M_n \quad \text{Ec. (18)}$$

$$M_n = A_s * f_y * \left(d - \frac{1}{2} * \frac{A_s * f_y}{0,85 * f_c * b} \right) \quad \text{Ec. (19)}$$

Para analizar la estructura se toma el mayor momento entre los momentos encontrados, dado esto se puede obtener una noción de que acero ocupar. Si al calcular el valor del área del acero (A_s) con cada momento este es menor que el área de acero mínima ($A_{s_{min}}$) se debe ocupar el $A_{s_{min}}$ siempre. Luego según ese valor se busca el espaciamiento en la tabla 7 en ANEXO 2.

Se debe cumplir:

$$A_{s_{min}} \leq A'_s + A_s \quad \text{Ec. (20)}$$

3.2.3. Estructura de piscina zona de regeneración del agua.

La zona de regeneración del agua en la piscina natural es fundamental para el proceso de filtración natural, el cual se lleva a cabo gracias a la acción que realizan las plantas en forma natural. Estas áreas incorporan una selección de plantas acuáticas y capas de arenas fina que contribuyen a mantener el equilibrio biológico, mejorar la calidad del agua y garantizar su oxigenación (ver figura 6).

Es crucial realizar una adecuada elección de las especies vegetales, tomando en cuenta sus características específicas relacionadas con luz, temperatura y tolerancia al pH del agua.

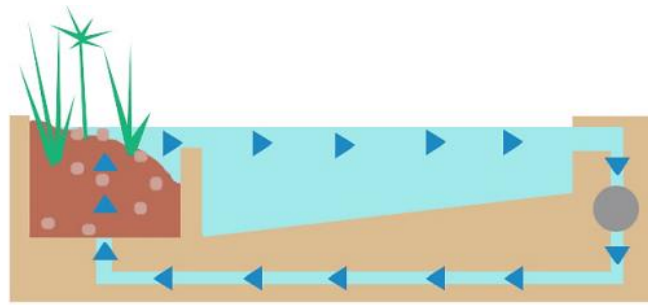


Figura 6. Esquema flujo del agua en una Biopiscina (Fuente: Singular Green, 2020)

Las plantas a utilizar son de tres tipos: de orilla que crecen en las llanuras aluviales; acuáticas, que viven dentro del cuerpo de agua, pero tienen una parte en la superficie; y las sumergidas, que están completamente bajo el agua y tienen la función esencial de oxigenar.

Estas plantas cumplirán cuatro funciones principales para el sistema: oxigenación, asimilación de nutrientes, sombreado de la superficie del agua y, finalmente la calidad estética (Ávila, 2021).

La zona de regeneración debe ocupar la mitad del tamaño total de la piscina en superficie o como mínimo un 30%, siendo como mínimo un tamaño de piscina de 40 m², lo que significa que se necesita el doble del espacio que una piscina tradicional. Considerando que el agua no se cambia, sino que se repone, se debe considerar un estanque secundario en el que se dispone de una fosa de 2,5 m de profundidad, a la cual ingresan desde una tubería en la zona más profunda de la piscina el agua con las impurezas a tratar (EcoHabitar, 2020).

Los elementos necesarios a considerar son filtro de grava y un skimmer con una bomba y tubos de drenaje, todo cubierto por grava. Se debe considerar entre 1,4 a 2 m de profundidad para la zona de regeneración (EcoHabitar, 2023). En el esquema presentado en la figura 6, se observan las tuberías ubicadas bajo la capa de arena, por donde el agua, una vez filtrada de manera natural, desciende limpia. Posteriormente, esta agua es transportada a través de las tuberías hacia una bomba, la cual la devuelve a la zona de nado, completando así el ciclo de regeneración

3.3. Evaluación Económica

La evaluación económica del proyecto se realizará según los costos directos e indirectos asociados con su construcción y mantenimiento. Se incluirán costos de materiales, mano de obra, equipos y permisos. Lo anterior, ya que el proyecto no generará ingresos.

Se evaluará el costo anual equivalente (CAE) indicador que permite expresar los costos presentes y futuros en términos de un costo anual uniforme equivalente. El CAE es útil en proyectos como el presente, donde los ingresos directos no son el objetivo principal, sino que se busca prestar un servicio o apoyar actividades complementarias. La fórmula común para calcular el costo anual equivalente (CAE) es la siguiente:

$$CAE = VAN * \frac{(1+i)^{n*i}}{(1+i)^n - 1} \quad \text{Ec. (21)}$$

Donde:

VAN: Valor actual neto.

i: tasa de descuento anual.

n: número de periodos a evaluar.

La tasa de descuento (TD) para el proyecto, es la tasa de oportunidad, rendimiento o rentabilidad mínima que se espera ganar con la inversión que es de un 10%.

La depreciación del proyecto permite distribuir el costo de los activos a lo largo de su vida útil, reflejando su desgaste. Se utilizó el método lineal para calcularla, asignando un valor uniforme anual a elementos como la losa y los muros, según servicio impuesto internos (SII) la vida útil de este proyecto es de 20 años con una depreciación de 6 años.

4. RESULTADOS

4.1. Localización y tamaño de la piscina ecológica

4.1.1. Localización de la piscina ecológica

Tabla 3. Evaluación del método cuantitativo por puntos por localización evaluada.

Criterio	Peso	Área 1	Ponderación 1	Área 2	Ponderación 2	Área 3	Ponderación 3
Disponibilidad de espacio	0,3	8	2,4	5	1,5	6	1,8
Acceso a Agua	0,2	7	1,4	6	1,2	6	1,2
Exposición Solar	0,2	7	1,4	8	1,6	8	1,6
Proximidad a servicios	0,15	8	1,2	7	1,05	7	1,05
impacto visual	0,15	8	1,2	8	1,2	8	1,2
Puntuación total	1		7,6		6,55		6,85

(Fuente: Elaboración Propia)

A partir de los resultados presentados en la tabla 3, se observa que el área 1 destaca como la ubicación con mayor ponderación entre las alternativas evaluadas, lo que la convierte en el lugar más adecuado para emplazar el proyecto de la piscina ecológica. Esta ubicación obtuvo calificaciones superiores en aspectos clave, como la disponibilidad de espacio y cercanía a servicios básicos. Gracias a esta selección fundamentada, el área 1 se perfila como el emplazamiento idóneo para asegurar la eficiencia y sostenibilidad del proyecto, optimizando tanto los recursos como el beneficio para la comunidad.



Figura 7. Localización donde se desarrollará el proyecto (Fuente: Elaboración propia).

4.1.2. Tamaño de la piscina ecológica

El terreno seleccionado dispone de una superficie útil de 880 m^2 , con dimensiones de 40 metros de largo por 22 metros de ancho, lo que permitió un diseño adaptado al espacio disponible. La estructura diseñada tendrá 25 metros de largo por 12,5 metros de ancho, distribuido en dos áreas funcionales: una zona de nado de 20 metros de largo por 12,5 metros de ancho, y una zona de regeneración del agua de 5 metros de largo por 12,5 metros de ancho. Las dimensiones de la zona de nado fueron elegidas para asimilar a las de una piscina semiolímpica, lo que hace adecuada para actividades recreativas, deportivas y de entrenamiento. Contará con una profundidad inicial de 0,4 metros, aumentando gradualmente a 1 metro en el punto medio de la piscina, alcanzando los 1,8 metros en su extremo más profundo.

4.2. Diseño de elementos constructivos e ingeniería del proyecto

4.2.1. Materialidad

La materialidad a utilizar para este proyecto fue el hormigón armado por su alta resistencia y una alta durabilidad. El hormigón utilizado es un G-20, esto quiere decir que tiene una resistencia de 20 (MPa).

4.2.2. Diseño de los muros

Para determinar las dimensiones del muro debemos asignar un factor de seguridad al deslizamiento, el cual debe estar entre 1,5 y 2. Para nuestro proyecto se asignó un valor igual a 2 de esta manera obtenemos el ancho del muro, entregando como resultado un valor de 0,22 m y un espesor de losa de 0,33 m. Además, el factor de volcamiento con las dimensiones obtenidas por el deslizamiento es de 8 siendo este superior a 1,5. El desarrollo de este cálculo se encuentra con mayores detalles en el ANEXO 3.

4.2.3. Diseño de la losa

El espesor de la losa se obtuvo mediante el diseño del muro obteniendo un espesor de 0,33 m, considerando las cargas que deberán soportar, tanto del peso del agua como de las tensiones generadas

por su uso. Este espesor asegura la resistencia estructural necesaria para garantizar la estabilidad y durabilidad de la piscina. La capacidad de soporte del suelo según lo indica el informe de mecánica de suelo que se le realizó al edificio central que está ubicado al costado de nuestro proyecto, dice que tiene una capacidad de soporte del suelo bajo, hasta por lo menos los 12 metros de profundidad. Es por ello que se debe realizar un mejoramiento del terreno.

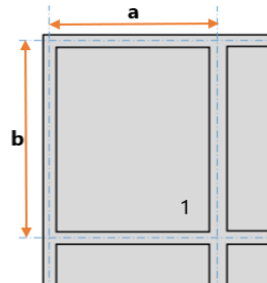


Figura 8. Esquema de la sección "losa" de la piscina (Fuente: Elaboración propia).

La sección de la losa como se aprecia en la Figura 8 se consideró el lado "a" como el ancho de 12,5 m y el lado "b" como el largo de la piscina 25 m. Con los datos de la sección se definió que la losa se debe ser tratada en dos direcciones como se refleja en la memoria de cálculo en el ANEXO 4. Además, se calcularon los momentos últimos de la losa (ver Tabla 4).

Tabla 4. Resultados de los momentos últimos

	M-CONTINUO	M+	M-DISCONTINUO	M. Máximo	UNIDAD
M_a	-17919	12147	-4049	17919	<i>kgm/m</i>
M_b	-4575	3250	-1083	4575	<i>kgm/m</i>

(Fuente: Elaboración propia)

A partir de esos momentos últimos se despeja el área del acero (A_s) según se muestra en Tabla 5.

Tabla 5. Resumen Área de acero por cada momento último.

Lado Corto (la)			Lado Largo (lb)		
	A_s	Unidad		A_s	Unidad
A_s Mínimo	4,86	(cm ² /m)	A_s Mínimo	4,86	(cm ² /m)
M. Continuo	17,6	(cm ² /m)	M. Continuo	4,5	(cm ² /m)
M. positivo	11,9	(cm ² /m)	M. positivo	3,2	(cm ² /m)
M. Negativo	4,0	(cm ² /m)	M. Negativo	1,1	(cm ² /m)

(Fuente: Elaboración propia)

Desde la tabla 5 se obtiene el máximo A_s que se debe buscar para definir el espaciamiento y diámetro del hierro a utilizar.

Tabla 6. Área de acero a buscar

	Lado a	Lado b
A_s a usar	17,6	4,9
A_s a buscar	8,8	2,4

(Fuente: Elaboración propia)



De estos valores se obtiene la configuración de acero correspondiente (ver tabla 7), y según lo indica en la tabla 7 del ANEXO 2, aplicable para ambos lados de la piscina.

Tabla 7. Configuración de acero en losa lado a y lado b.

Lado a			Lado b		
Barra (mm)	Espaciamiento (cm)	Área (cm ²)	Barra (mm)	Espaciamiento (cm)	Área (cm ²)
16	20	10,06	8	20	2,52

(Fuente: Elaboración propia)

4.2.4. Diseño de la zona de Regeneración

Las plantas consideradas en el proyecto para que cumpla la función de regenerar el agua son las siguientes: las *Carex* sp. y los juncos (*Scirpus trachycaulos*), ambas plantas acuáticas, conforman una gran vegetación emergente para el perímetro de la piscina. La *Pontederia cordata*, la flecha de agua (*Sagittaria subulata*) y la onagraria (*Ludwigia peploides*) se ubican en la parte menos profunda de la piscina. Además, las plantas subacuáticas serán las yanas (*Elodea* sp.) y colas de zorro (*Ceratophyllum demersum*) por su elevada generación de oxígeno. Las plantas flotantes serán las lilas de agua (*Potamogeton linguatus*) y las lentejas de agua (*Lemna minor*), éstas se mueven libremente por la superficie de la zona de regeneración del agua. Además, en la zona de regeneración están las tuberías que se ubican bajo la capa de arena, el skimmer este situado al otro extremo de la zona de regeneración del agua y es el encargado de capturar en su canasta todo tipo de partículas grandes. La bomba estará a un costado de la piscina es la encargada de dar impulsión al agua para regresar a la zona de nado luego de haber pasado por el proceso de limpieza.

4.3. Evaluación económica

A partir de la cubicación realizada se estima una inversión inicial de 1.199 UF, necesaria para la construcción e implementación de la piscina ecológica. Para la fase operativa, se considera solo el costo por mantención de 189 UF anual que estarán distribuida en el sueldo de una persona asignada para el mantenimiento de la zona de regeneración. En cuanto a la tasa de descuento del proyecto será de un 10% mencionada en la metodología. El valor de la UF se consideró a \$38.083 al día de 17 de noviembre del 2024. El periodo de evaluación del proyecto se estimó en 20 años correspondiente a la vida útil establecida por el servicio impuesto internos (SII).

Tabla 8. Cálculo de la depreciación del proyecto y su valor de rescate.

Depreciación del proyecto						
Proyecto	Costo (UF)	vida útil (Años)	Depreciación anual (UF)	Proyección de años para la depreciación	Depreciación acumulada	Valor de Rescate
Piscina	1199	20	199,8	6	1199	0

(Fuente: Elaboración propia)



Tabla 9. Resultado del costo anual equivalente (CAE)

Valor Presente Proyecto (UF)	2808
Valor presente del rescate (UF)	0
Valor presente final (UF)	2808
CAE (UF)	330

(Fuente: Elaboración propia)

El análisis del costo anual equivalente (CAE) permitió determinar que el proyecto genera un costo uniforme anual de 330 UF. Este resultado refleja los costos asociados a la inversión inicial, mantenimiento y operación distribuido a lo largo de la vida útil estimada del proyecto.

5. DISCUSIÓN

5.1. Localización del proyecto

La elección de la ubicación para la piscina ecológica en el campus San Andrés de la Universidad Católica de la Santísima Concepción representa un factor clave para el proyecto, debido que se realiza en un recinto educacional, permitiendo hacer uso a carreras tanto educación física como de ingeniería civil, en la asignatura de impacto ambiental. En comparación con iniciativas similares a nivel regional y nacional, no existen proyecto de características similares al nuestro en un campo educacional. Si existen proyectos de estas características en la región del Biobío, para ser más exacto en la comuna de Los Ángeles (Bioantu, 2022) pero a diferencia del proyecto nuestro este se realiza para un domicilio de una persona natural y de menor tamaño.

5.2. Diseño y materialidad del proyecto

Cuando el tamaño requerido es pequeño, puede ser más conveniente enterrar una piscina de fibra de vidrio, en cambio para tamaños mayores y formas personalizadas es mucho más conveniente realizarla de hormigón u otro material como mampostería etc. (Pérez, 2017). Además, el uso del hormigón armado asegura una mayor resistencia estructural y adaptabilidad al terreno, siendo capaz de soportar presiones tanto del agua como del suelo circundante sin comprometer su integridad.

Una diferencia fundamental radica en los métodos de tratamiento del agua. Las piscinas convencionales, como las de fibra de vidrio y de hormigón armado, requieren el uso intensivo de productos químicos, como el cloro, alguicidas y clarificantes, para mantener el agua limpia y libre de microorganismos. Si bien estos productos son efectivos, su uso continuo genera un impacto ambiental negativo y mayores costos de mantenimiento, además de potenciales riesgos para la salud de los usuarios debido a la exposición prolongada a sustancias químicas (Bejarano, 2021). Por el contrario, este proyecto incorpora un sistema de regeneración natural que utiliza plantas acuáticas y procesos biológicos para filtrar y purificar el agua, eliminando la necesidad de químicos. Este enfoque mejora la experiencia de los usuarios al proporcionar un entorno de baño más saludable y natural.

En términos de estética y sostenibilidad, la piscina ecológica ofrece un valor superior al integrarse armoniosamente con el paisaje, creando un espacio visualmente atractivo y ambientalmente consciente que se mantiene durante todo el año (Ávila, 2021).

5.3. Evaluación económica

La evaluación económica del proyecto de la piscina ecológica tiene como enfoque la sostenibilidad financiera a largo plazo, esto debido a sus costos de mantención entre una convencional y nuestra piscina ecológica (Nautilus, 2023). En términos de costos operativos, las piscinas convencionales requieren un gasto continuo en productos químicos, además de equipos específicos para el mantenimiento del agua. Estos costos no solo son recurrentes, sino que aumentan a medida que crece la demanda o el uso intensivo de la instalación. En contraste, nuestro proyecto utiliza sistemas naturales de regeneración, lo que reduce significativamente los gastos de mantenimiento a largo plazo.

Además, el análisis económico del costo anual equivalente (CAE), no genera ingresos directos, sino que están diseñados para ofrecer beneficios sociales y ambientales. El CAE estimado de 330 UF anuales refleja la inversión necesaria para mantener la operación de la piscina ecológica, un valor que puede ser atractivo frente a los costos anuales promedios que puede tener una piscina convencional.

6. CONCLUSIONES

La ubicación seleccionada para el proyecto, en el campus San Andrés de la Universidad Católica de la Santísima Concepción, fue determinada considerando factores cualitativos y técnicos que la hicieron idónea para la construcción del proyecto. La localización escogida ofrece espacios estratégicos cercanos al edificio central, lo que facilita su acceso tanto para estudiantes de pregrado como para la comunidad universitaria en general.

El diseño y constructibilidad de la piscina ecológica representan un enfoque integral y ecológico, alineado con el medio ambiente y los objetivos del proyecto. La elección del hormigón armado para la estructura, junto con la integración de la zona de regeneración del agua, aseguran la durabilidad, funcionalidad de la construcción y asimismo un bajo impacto ambiental en el tratamiento del agua. La zona de regeneración del agua introduce una innovación significativa en el proyecto, al incorporar un sistema natural de filtración y depuración que reemplaza los métodos convencionales basados en químicos.

La evaluación económica del proyecto permitió cuantificar con precisión los costos asociados a la construcción y mantención de la piscina ecológica, con un costo anual equivalente de 330 UF y una inversión inicial ajustada a los recursos disponibles. Se logró proyectar la sostenibilidad financiera del proyecto a lo largo de su vida útil, los resultados obtenidos del proyecto proporcionan una base sólida para futuras decisiones.

Para finalizar, el proyecto no resulta rentable económicamente debido a la ausencia de ingresos asociados, ya que no se contempla el cobro por el uso de la piscina. Sin embargo, su valor trasciende lo meramente financiero al generar potenciales beneficios sociales, ambientales y educativos para la comunidad universitaria. Además, la implementación de este proyecto fomenta aún más la sustentabilidad e integración de espacios recreativos ecológicos para el campus San Andrés de la UCSC.

7. AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi sincero agradecimiento a mi familia por su apoyo incondicional y motivación constante, a mi profesora guía por su valiosa orientación y dedicación, y al Prof. Informante por sus aportes a la mejora de este proyecto. A mis compañeros por su colaboración y compañía durante este proceso. Extiendo también mi agradecimiento al jefe de infraestructura junto al jefe de operaciones de la universidad, quienes me facilitaron información clave para el desarrollo de mi proyecto. Su



confianza y respaldo fueron fundamentales para llevar a cabo este proyecto, les estoy profundamente agradecido.

8. REFERENCIAS

- Araya-Osses, et al. 2020. Proyecciones de cambio climático de temperatura y precipitación en Chile basadas en downscaling estadístico. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00382-020-05231-4>
- ARAGroup, S.F. Piscinas naturales, piscinas ecológicas, piscinas biológicas. <https://www.aragrup.es/piscinas-naturales>
- Ávila N, V. 2021. Biopiscinas. Una alternativa sostenible. Trabajo fin de grado en arquitectura técnica. Universidad de Alicante. 144 pp.
- Bejarano, G. (2021). ¿El dióxido de cloro podría ser la panacea universal? Revista Humanista, 47-52, <https://doi.org/10.52749/rh.v1i1.8>
- Bioantu, 2022. Proyectos de eco ingeniería y asesorías en manejo hídrico sustentable. <https://www.bioantu.cl/>
- EcoHabitar, 2020. Piscinas ecológicas. Un chapuzón de forma natural. <https://ecohabitar.org/piscinas-ecologicas-un-chapuzon-de-forma-natural/>
- Esparza J, (S.F). Análisis y evaluación de proyectos. Material didáctico. 42 pp.
- Inspiración al cuadrado. 2022. Tipos de piscinas para instalar en casa. <https://www.inspiracionalcuadrado.es/tipos-de-piscinas-para-instalar-en-casa#:~:text=Lo%20primero%20de%20todo%20es,Las%20piscinas%20de%20arena>
- Mora F, G. 2008. Manual para el diseño y construcción de piscinas residenciales y semideportivas. Proyecto final de graduación para optar por el grado de Licenciatura en ingeniería en Construcción. 48 pp.
- Nautilus, 2023. ¿Merece la pena optar por una piscina natural?. <https://nautilusbr.com/es/blog/merece-la-pena-optar-por-una-piscina-natural/>
- Pizarro P, B. 2019. Estudio de prefactibilidad técnica económica para crear una empresa dedicada a la construcción
- Sánchez R, J. 2011. Estudio de la implantación de piscinas ecológicas en las piscinas municipales de Cataluña. Proyecto final de carrera. Universidad politécnica de Cataluña. 142 pp.
- Schroder M, I. 2018. Estudio de prefactibilidad técnico y económico para la creación de una empresa constructora de piscinas. 83 pp.
- Singular Green. (2020). Biopiscinas, piscinas naturales. <https://www.singulargreen.com/piscina-natural/>
- UCSC. S.F. Infraestructura. <https://dcbb.ucsc.cl/infraestructura/>

9. ANEXOS

ANEXO 1

Entrevista 1

1.- ¿Cuál es nombre y su cargo, que funciones cumple en la universidad?

Mi nombre es Guillermo Bustamante y soy Académico de la universidad, además soy director de DICAT

2.- ¿Cree Ud. que un proyecto de este tipo sería un atractivo para la universidad? ¿porqué?

Si, por supuesto es una buena opción de poder retirar los químicos.

3.- ¿Ha habido proyectos similares en el campus? y si es así, ¿Qué lecciones o experiencias relevantes podrían aplicarse a este proyecto?

Hubo una idea de generar una piscina olímpica para practicar deportes acuáticos, esto no se pudo realizar debido a que no era factible.

Si existieran la posibilidad e interés de emplazar este tipo de proyecto:

Consideraciones Generales de localización

4.- ¿Cuáles son los criterios más importantes para seleccionar un sitio para este proyecto de construcción dentro del campus?

El espacio y la superficie sea plano para poder hacer más factible el proyecto.

5.- ¿Existen áreas específicas dentro del campus San Andrés que estén designadas para proyectos de infraestructura como el nuestro?

Entiendo que hay un plan director del campus donde están proyectadas futuras construcciones.

6.- ¿Cómo se priorizan los espacios dentro del campus en relación con los proyectos que buscan promover la sostenibilidad y el bienestar ambiental?

No estoy enterado de que la universidad tenga un plan de sostenibilidad ambiental.

Factores Logísticos y Operativos

7.- Desde una perspectiva operativa, ¿Qué facilidades o servicios (acceso a energía, agua, transporte) se encuentran como para ubicar este proyecto?

Cualquier parte de la universidad es factible, ya que toda la universidad esta energizado y con abastecimiento de agua potable.

8.- ¿Qué impacto cree Ud. que podría tener el proyecto en las operaciones diarias del campus, como el tránsito peatonal y vehicular, y como podrían mitigarse estos impactos?

no, ninguno ya que los espacios de viabilidad ya están asignados.

9.- ¿Existen planes a futuro para el desarrollo del campus que deben ser considerados al seleccionar la ubicación de este proyecto?

No tengo conocimiento de esto.

Cumplimiento Normativo y Permisos

9.- ¿Hay alguna restricción o limitación en cuanto al uso de ciertas áreas del campus que debemos tener en cuenta?

Para estos efectos ninguno.

Colaboración y soporte

10.- ¿Estaría dispuesto para colaborar en futuras etapas del proyecto, como la revisión de propuestas de ubicación?

Por supuesto.

Conclusión

11.- ¿Hay algún aspecto o recomendación adicional que considere relevante para la localización y el éxito de este proyecto en el campus?

Una recomendación es que busques un terreno que no tenga un costo muy alto de movimiento de tierra, como ya sabes el terreno de la universidad tiene bastante cerros.

Entrevista 2

1.- ¿Cuál es nombre y su cargo, que funciones cumple en la universidad?

Felipe Vergara jefe de infraestructura y Jorge Ramírez jefe de operaciones.

2.- ¿Cree Ud. que un proyecto de este tipo sería un atractivo para la universidad? ¿porqué?



Si, cualquier tipo de proyecto para la universidad es un aporte y es bienvenido

3.- ¿Ha habido proyectos similares en el campus? y si es así, ¿Qué lecciones o experiencias relevantes podrían aplicarse a este proyecto?

No, en el corto tiempo que llevo en el cargo no ha habido proyectos similares

Si existieran la posibilidad e interés de emplazar este tipo de proyecto:

Consideraciones Generales de localización

4.- ¿Cuáles son los criterios más importantes para seleccionar un sitio para este proyecto de construcción dentro del campus?

Conocimiento de sectores que tienen la naturaleza ya establecida, existen sectores de aves, conejos entre otros. Además, de árboles nativos.

5.- ¿Existen áreas específicas dentro del campus San Andrés que estén designadas para proyectos de infraestructura como el nuestro?

Establecidas no existen, pero tenemos un plan maestro que se está actualizando en el cual se puede asignar áreas para este tipo de proyectos.

6.- ¿Cómo se priorizan los espacios dentro del campus en relación con los proyectos que buscan promover la sostenibilidad y el bienestar ambiental?

Se priorizan por el uso y la naturaleza que existe, hay sectores que no se han intervenidos para no construir debido a plantas y árboles nativos.

Factores Logísticos y Operativos

7.- Desde una perspectiva operativa, ¿Qué facilidades o servicios (acceso a energía, agua, transporte) se encuentran como para ubicar este proyecto?

La universidad cuenta con unidades de servicios los cuales son encargados de mantener las áreas verdes del campus, si existiese la necesidad de realizar alguna instalación eléctrica o de acceso a agua ellos son los encargados y si es factible, se puede realizar.

8.- ¿Qué impacto cree Ud. que podría tener el proyecto en las operaciones diarias del campus, como el tránsito peatonal y vehicular, y como podrían mitigarse estos impactos?

No debería tener ningún perjuicio, debido a que el diseño o emplazamiento del proyecto estaría pensado para que no intervenga el funcionamiento de la universidad.

9.- ¿Existen planes a futuro para el desarrollo del campus que deben ser considerados al seleccionar la ubicación de este proyecto?

Si, existe un aumento considerable de inscripciones de alumnos y debido a esto existen posibles proyectos de aumentos de aulas, pero aún no están determinados.

Cumplimiento Normativo y Permisos

9.- ¿Hay alguna restricción o limitación en cuanto al uso de ciertas áreas del campus que debemos tener en cuenta?

Actualmente la universidad tiene una franja en expropiación, el terreno mencionado es toda una franja que colinda con Paicaví y conecta con alonso de rivera.

Colaboración y soporte

10.- ¿Estaría dispuesto para colaborar en futuras etapas del proyecto, como la revisión de propuestas de ubicación?

Si, obvio

Conclusión

11.- ¿Hay algún aspecto o recomendación adicional que considere relevante para la localización y el éxito de este proyecto en el campus?

Si, va de la mano con el crecimiento de la universidad, se recomienda que conecte o se encuentre cercano al eje que conecta con la cancha de futbol, cancha de futbolito y las canchas de tenis.

ANEXO 2
Tabla 1. Coeficiente C_a momento negativo continuo

Lb	Momento Negativo Lados Continuos Lado A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		0,045		0,05	0,075	0,071		0,033	0,061
0,95		0,05		0,055	0,079	0,075		0,038	0,065
0,9		0,055		0,06	0,08	0,079		0,043	0,068
0,85		0,06		0,066	0,082	0,083		0,049	0,072
0,8		0,065		0,071	0,083	0,086		0,055	0,075
0,75		0,069		0,076	0,085	0,088		0,061	0,078
0,7		0,074		0,081	0,086	0,091		0,068	0,081
0,65		0,077		0,085	0,087	0,093		0,074	0,083
0,6		0,081		0,089	0,088	0,095		0,08	0,085
0,55		0,084		0,092	0,089	0,096		0,085	0,086
0,5		0,086		0,094	0,09	0,097		0,089	0,088

Tabla 2. Coeficiente C_b momento negativo continuo

Lb	Momento Negativo Lados Continuos Lado B								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1		0,045	0,076	0,05			0,071	0,061	0,033
0,95		0,041	0,072	0,045			0,067	0,056	0,029
0,9		0,037	0,07	0,04			0,062	0,052	0,025
0,85		0,031	0,065	0,034			0,057	0,046	0,021
0,8		0,027	0,061	0,029			0,051	0,041	0,017
0,75		0,022	0,056	0,024			0,044	0,036	0,014
0,7		0,017	0,05	0,019			0,038	0,029	0,011
0,65		0,014	0,043	0,015			0,031	0,024	0,008
0,6		0,01	0,035	0,011			0,024	0,018	0,006
0,55		0,007	0,028	0,008			0,019	0,014	0,005
0,5		0,006	0,022	0,006			0,014	0,01	0,003

Tabla 3. Coeficiente C_a momento positivo carga muerta

Lb	Momento Positivo Carga Muerta Lado A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,036	0,018	0,018	0,027	0,027	0,033	0,027	0,02	0,023
0,95	0,04	0,02	0,021	0,03	0,028	0,036	0,031	0,022	0,024
0,9	0,045	0,022	0,025	0,033	0,029	0,039	0,035	0,025	0,026
0,85	0,05	0,024	0,029	0,036	0,031	0,042	0,04	0,029	0,028
0,8	0,056	0,026	0,034	0,039	0,032	0,045	0,045	0,032	0,029
0,75	0,061	0,028	0,04	0,043	0,033	0,048	0,051	0,036	0,031
0,7	0,068	0,03	0,046	0,046	0,035	0,051	0,058	0,04	0,033
0,65	0,074	0,032	0,054	0,05	0,036	0,054	0,065	0,044	0,034
0,6	0,081	0,034	0,062	0,053	0,037	0,056	0,073	0,048	0,036
0,55	0,088	0,035	0,071	0,056	0,038	0,058	0,081	0,052	0,037
0,5	0,095	0,037	0,08	0,059	0,039	0,061	0,089	0,056	0,038

Tabla 4. Coeficiente C_b momento positivo carga muerta

Lb	Momento Positivo Carga Muerta Lado B								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,036	0,018	0,027	0,027	0,018	0,027	0,033	0,023	0,02
0,95	0,033	0,016	0,025	0,024	0,015	0,024	0,031	0,021	0,017
0,9	0,029	0,014	0,024	0,022	0,013	0,021	0,028	0,019	0,015
0,85	0,026	0,012	0,022	0,019	0,011	0,017	0,025	0,017	0,013
0,8	0,023	0,011	0,02	0,016	0,009	0,015	0,022	0,015	0,01
0,75	0,019	0,009	0,018	0,013	0,007	0,012	0,02	0,013	0,007
0,7	0,016	0,007	0,016	0,011	0,005	0,009	0,017	0,011	0,006
0,65	0,013	0,006	0,014	0,009	0,004	0,007	0,014	0,009	0,005
0,6	0,01	0,004	0,011	0,007	0,003	0,006	0,012	0,007	0,004
0,55	0,008	0,003	0,009	0,005	0,002	0,004	0,009	0,005	0,003
0,5	0,006	0,002	0,007	0,004	0,001	0,003	0,007	0,004	0,002



Tabla 5. Coeficiente C_a momento positivo carga viva

Lb	Momento Positivo Carga Viva Lado A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,036	0,027	0,027	0,032	0,032	0,035	0,032	0,028	0,03
0,95	0,04	0,03	0,031	0,035	0,034	0,038	0,036	0,031	0,032
0,9	0,045	0,034	0,035	0,039	0,037	0,042	0,04	0,035	0,036
0,85	0,05	0,037	0,04	0,043	0,041	0,046	0,045	0,04	0,039
0,8	0,056	0,041	0,045	0,048	0,044	0,051	0,051	0,044	0,042
0,75	0,061	0,045	0,051	0,052	0,047	0,055	0,056	0,049	0,046
0,7	0,068	0,049	0,057	0,057	0,051	0,06	0,063	0,054	0,05
0,65	0,074	0,053	0,064	0,062	0,055	0,064	0,07	0,059	0,054
0,6	0,081	0,058	0,071	0,067	0,059	0,068	0,077	0,065	0,059
0,55	0,088	0,062	0,08	0,072	0,063	0,073	0,085	0,07	0,063
0,5	0,095	0,066	0,088	0,077	0,067	0,078	0,092	0,076	0,067

Tabla 6. Coeficiente C_b momento positivo carga viva

Lb	Momento Positivo Carga Viva Lado B								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	0,036	0,027	0,032	0,032	0,027	0,032	0,035	0,03	0,028
0,95	0,033	0,025	0,029	0,029	0,024	0,029	0,032	0,027	0,025
0,9	0,029	0,022	0,027	0,026	0,021	0,025	0,029	0,024	0,022
0,85	0,026	0,019	0,024	0,023	0,019	0,022	0,026	0,022	0,02
0,8	0,023	0,017	0,022	0,02	0,016	0,019	0,023	0,019	0,017
0,75	0,019	0,014	0,019	0,016	0,013	0,016	0,02	0,016	0,013
0,7	0,016	0,012	0,016	0,014	0,011	0,013	0,017	0,014	0,011
0,65	0,013	0,01	0,014	0,011	0,009	0,01	0,014	0,011	0,009
0,6	0,01	0,007	0,011	0,009	0,007	0,008	0,011	0,009	0,007
0,55	0,008	0,006	0,009	0,007	0,005	0,006	0,009	0,007	0,006
0,5	0,006	0,004	0,007	0,005	0,004	0,005	0,007	0,005	0,004

Tabla 7. Espaciamiento de fierros

ϕ mm.	Area de acero (cm ²) según espaciamiento de barras											
	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25
6	4,72	3,54	2,83	2,36	2,02	1,89	1,77	1,57	1,42	1,29	1,18	1,13
8	8,38	6,29	5,03	4,19	3,59	3,35	3,14	2,79	2,52	2,29	2,10	2,01
10	13,08	9,81	7,85	6,54	5,61	5,23	4,91	4,36	3,93	3,57	3,27	3,14
12	18,85	14,14	11,31	9,43	8,08	7,54	7,07	6,28	5,66	5,14	4,71	4,52
16	33,52	25,14	20,11	16,76	14,36	13,41	12,57	11,17	10,06	9,14	8,38	8,04
18	42,42	31,81	25,45	21,21	18,18	16,97	15,91	14,14	12,73	11,57	10,60	10,18
22	63,36	47,51	38,01	31,68	27,15	25,34	23,76	21,12	19,01	17,28	15,84	15,20
25	81,82	61,36	49,09	40,91	35,06	32,73	30,68	27,27	24,55	22,31	20,45	19,64
28	102,63	76,98	61,58	51,32	43,99	41,05	38,49	34,21	30,79	27,99	25,66	24,63
32	134,05	100,54	80,43	67,03	57,45	53,62	50,27	44,68	40,22	36,56	33,51	32,17
36	169,65	127,24	101,79	84,83	72,71	67,86	63,62	56,55	50,90	46,27	42,41	40,72



Tabla 8. Presupuesto proyecto

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITEARIO (UF)	VALOR TOTAL (UF)
1	MÓDULO TÉCNICO				
	Informe mecánica suelos	gl	1	30,9	31
2	OBRAS PREVIAS				0
	HABILITACION				0
	Escarpe y limpieza	m2	312	0,02	6
	Trazado y niveles	m2	312	0,00	0
	Excavaciones	m3	448,1	0,4	183
	Retiro Material	m3	927,5	0,1	102
3	OBRA GRUESA				0
	LOSA FUNDACIÓN				0
	Emplantillado	m3	15,6	1,8	28
	Enfierradura losa fi 16mm	kg	2409	0,1	240
	Enfierradura losa fi 8mm	kg	616	0,1	48
	Hormigón	m3	62,5	2,7	166
	MUROS				0
	Enfierradura vertical muros fi 8mm	kg	2465	0,1	194
	Moldajes	m2	210	0,2	42
	Hormigón	m3	21	2,7	56
4	ZONA DE REGENERACIÓN				0
	Arena granulada	gl	1	10,3	10
	Plantas Acuaticas	gl	1	7,9	8
5	INSTALACIONES				0
	Dren	un	1	0,6	1
	Tuberías fitting	un	10	0,3	3
	Filtro purificador	gl	1	0,0	0
	Bomba piscina	gl	1	41,8	42
	Caseta tipo Bodega jardin	gl	1	8,4	8
	Skimmer	un	1	3,7	4
	Boquillas impulsión	un	6	0,4	3
	Caja de comandos eléctricos	un	1	4,2	4
	Canalización eléctrica	ml	10	0,0	0
6	TERMINACIONES				0
	Afinado mortero impermeable	m2	27	0,6	17
	Impermeabilizacion interior (pintura)	un	2	2,3	5
	Valor Total			120	1199



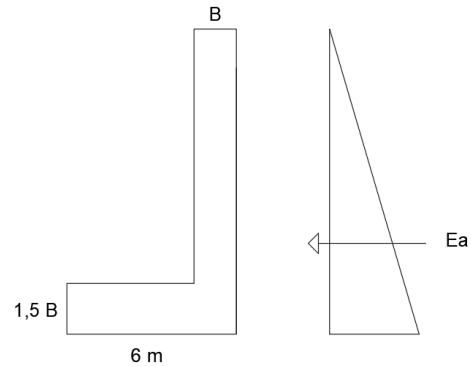
ANEXO 3

Memoria de cálculo del muro

Diseño de Muros

Datos		
Gs	2,724	
w	27,7	%
Sat	1	
γ_w	9,81	kN/m^3
γ_t	19,4	kN/m^3
\emptyset	30	°
γ_{hor}	24	kN/m^3
H	2,3	m

Empuje activo del terreno		
ka	0,333	
Ea	17,1	kN/ml
Brazo Ea	0,77	m



Factor de deslizamiento

$$2 = \frac{(w1 + w2) * \tan(\Phi)}{Ea}$$

$$2 = \frac{((24 * 2,3 * B) + (24 * (1,5 * B) * (6 - B))) * \tan(\Phi)}{17,1}$$

Ancho muro (B)
0,22 m

Ancho losa (1,5 B)
0,33 m



ANEXO 4

Memoria de cálculo de losa

DISEÑO DE LOSAS

Datos		
Hormigon	G-20	
Acero	A630-420H	
e	30	cm

Según estos datos se procede a revisar las siguientes tablas y se obtiene datos de los materiales.

HORMIGON

ACERO

Clasificación de Hormigones según NCh170				Designaciones según INN
Grado	Resistencia Especificada (P. Cúbica) f_c [Kg/cm ²]		Resistencia Característica (P. Cilíndrica) f_c' [Kg/cm ²]	
H5	50	G-05	50	A630-420H A = Acero al Carbono 630 = 630 MPa 420 = 420 MPa H = Uso en hormigón Armado
H10	100	G-10	100	
H15	150	G-15	150	
H20	200	G-17	170	
H25	250	G-20	200	
H30	300	G-25	250	
H35	350	G-30	300	
H40	400	G-35	350	
H45	450	G-40	400	
H50	500	G-45	450	
				A440-280H A = Acero al Carbono 440 = 440 MPa 280 = 280 MPa H = Uso en hormigón Armado

Conversion	1	Mpa	=	10	Kg/cm ²
	1	m	=	100	cm

Datos de los materiales		
f_c'	200	Kg/cm ²
f_y	4200	Kg/cm ²
e	0,3	m
Sobre carga	200	Kg/m ²
ρ	2500	Kg/m ³

f_c' : Resistencia cilíndrica del hormigón
 f_y : Resistencia de fluencia del acero
 e: espesor de la losa

Combinación de carga
 $U = 1,2 \cdot D + 1,6 \cdot L$

L	200	Kg/m ²
D	750	Kg/m ²
U	1220	Kg/m ²

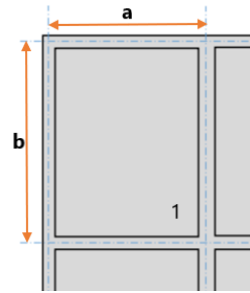
L : corresponde sobre carga de uso.
 D : corresponde a la carga muerta, es decir, el peso de la losa.

Se debe elegir el tipo de combinación que estamos analizando para la losa

Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5	Caso 6	Caso 7	Caso 8	Caso 9
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Caso								
Tipo de Combinación de losa								
4								

Solo las losas con relación de lados l_a/l_b menor que 2 necesitan ser tratadas como losas en dos direcciones.

Datos seccion		
l_a	12,5	m
l_b	25	m
Relacion l_a/l_b	0,5	Adim.



MOMENTO NEGATIVO (M- CONTINUO)

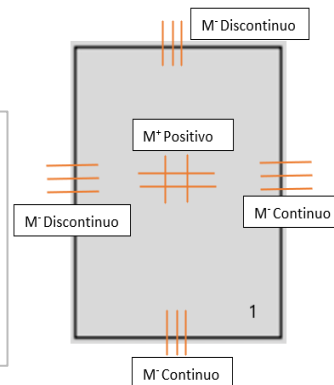
Formulas utilizadas

$W = 1,2 * D + 1,6 * L$ (Carga muerta mas la carga viva)

$M_a^- = C_a * W * l_a^2$

$M_b^- = C_b * W * l_b^2$

Los coeficientes C_a y C_b se obtiene de las hoja M.Negativos-Tabla 12.3, segun dado la relacion l_a/l_b .



C_a	0,094
C_b	0,006

RESULTADOS		
W	1220	Kg/m^2
M_a^-	-17919	Kgm/m
M_b^-	-4575	Kgm/m

MOMENTO POSITIVO (M+)

Formulas utilizadas

$W = 1,2 * D$ (Carga muerta uniforme total)

$M_a^+ = C_a * W * l_a^2$

$M_b^+ = C_b * W * l_b^2$

Formulas utilizadas

$W = 1,6 * L$ (Carga viva uniforme total)

$M_a^+ = C_a * W * l_a^2$

$M_b^+ = C_b * W * l_b^2$

Los coeficientes C_a y C_b se obtiene de las hoja positivo, segun dado la relacion

Tabla 12.4(C.muerta)	
C_a	0,059
C_b	0,004

Tabla 12.5 (C.viva)	
C_a	0,077
C_b	0,005



RESULTADOS		
W	900	Kg/m ²
M ⁺ _a (C.muerta)	8297	Kgm/m
M ⁺ _b (C.muerta)	2250	Kgm/m
W	320	Kg/m ²
M ⁺ _a (C.viva)	3850	Kgm/m
M ⁺ _b (C.viva)	1000	Kgm/m
M ⁺ _a	12147	Kgm/m
M ⁺ _b	3250	Kgm/m

MOMENTO NEGATIVO (M- DISCONTINUO)

Formulas utilizadas

$$M_a^- = 1/3 * M_a^+$$

$$M_b^- = 1/3 * M_b^+$$

Resultados		
M _a ⁻	-4049	Kgm/m
M _b ⁻	-1083	Kgm/m

Resumen	M- CONTINUO	M+	M- DISCONTINUO	M.Maximo	UNIDAD
M _a	-17919	12147	-4049	17919	Kgm/m
M _b	-4575	3250	-1083	4575	Kgm/m

CUANTIA MINIMA PARA LOSAS DOS DIRECCIONES

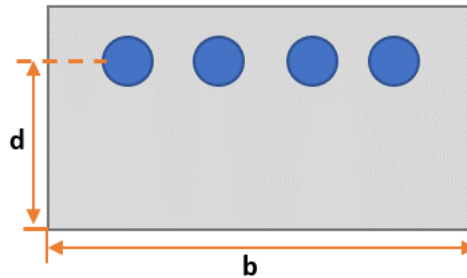
7.12.2.1 — La cuantía de refuerzo de retracción y temperatura debe ser al menos igual a los valores dados a continuación, pero no menos que 0.0014:

(a) En losas donde se empleen barras corrugadas Grado 280 o 350 0.0020

(b) En losas donde se empleen barras corrugadas Grado 420 o refuerzo electrosoldado de alambre..... 0.0018

(c) En losas donde se utilice refuerzo de una resistencia a la fluencia mayor que 420 MPa, medida a una deformación unitaria de 0.35 por ciento $\frac{0.0018 \times 420}{f_y}$

7.12.2.2 — El refuerzo de retracción y temperatura no debe colocarse con una separación mayor de 5 veces el espesor de la losa ni de 450 mm.



Datos		
r	3	cm
d	27	cm
b	100	cm
p minima	0,0018	-

Según el acero asignado al comienzo se debe escoger el valor para el A_{smin}

Formulas utilizadas

$$A_{smin} = 0,0018 \cdot b \cdot d$$

$$M_u \leq \phi M_n$$

$$M_n = A_s \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{1}{2} \cdot \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f_c \cdot b} \right)$$

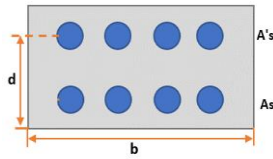
Lado Corto (la)			Lado Largo (lb)		
	As	Unidad		As	Unidad
As. Minimo	4,86	(cm ² /m)	As. Minimo	4,86	(cm ² /m)
M.Continuo	17,6	(cm ² /m)	M.Continuo	4,5	(cm ² /m)
M.positivo	11,9	(cm ² /m)	M.positivo	3,2	(cm ² /m)
M.Negativo	4,0	(cm ² /m)	M.Negativo	1,1	(cm ² /m)

Para analizar la estructura se toma el mayor momento entre los momentos encontrados, dado esto se puede obtener una noción de que acero ocupar. Si al calcular el valor A_s con ese momento es menor que el A_{smin} se debe ocupar el A_{smin} siempre. Luego según ese valor se busca el espaciamiento en la tabla.

Se debe cumplir: $A_{smin} \leq A'_s + A_s$

	Lado A	Lado B
As a usar	17,6	4,9
As a buscar	8,8	2,4

ϕ [mm]	Área de acero (cm ² /m) según espaciamiento de barras											
	6	8	10	12	14	15	16	18	20	22	24	25
6	4.72	3.54	2.83	2.36	2.02	1.89	1.77	1.57	1.42	1.29	1.18	1.13
8	8.38	6.29	5.03	4.19	3.59	3.35	3.14	2.79	2.52	2.29	2.10	2.01
10	13.08	9.81	7.85	6.54	5.61	5.23	4.91	4.36	3.93	3.57	3.27	3.14
12	18.85	14.14	11.31	9.43	8.08	7.54	7.07	6.28	5.66	5.14	4.71	4.52
16	33.52	25.14	20.11	16.76	14.36	13.41	12.57	11.17	10.06	9.14	8.38	8.04
18	42.42	31.81	25.45	21.21	18.18	16.97	15.91	14.14	12.73	11.57	10.60	10.18
22	63.35	47.51	38.01	31.68	27.15	25.34	23.76	21.12	19.01	17.28	15.84	15.20
25	81.82	61.36	49.09	40.91	35.06	32.73	30.68	27.27	24.55	22.31	20.45	19.64
28	102.63	76.98	61.58	51.32	43.99	41.05	38.49	34.21	30.79	27.99	25.66	24.63
32	134.05	100.54	80.43	67.03	57.45	53.62	50.27	44.68	40.22	36.56	33.51	32.17
36	169.65	127.24	101.79	84.83	72.71	67.86	63.62	56.55	50.90	46.27	42.41	40.72



De tabla se obtuvo

Buscador Lado A

Barra (mm)	Espaciamiento	Area
10	8	9,81

	Área	unidad
A's	9,81	(cm ² /m)
As	9,81	(cm ² /m)

¿Asmin < A's + As? Lado A		
17,6	<	19,62
Si Cumple		

Buscador Lado B

Barra (mm)	Espaciamiento	Area
8	20	2,52

	Área	unidad
A's	2,52	(cm ² /m)
As	2,52	(cm ² /m)

¿Asmin < A's + As? Lado A		
4,9	<	5,04
Si Cumple		

Por ultimo verificar que el momento sea maximo:

Lado A	As	Unidad
M. maximo	17,6	(cm ² /m)
A. Minima	4,86	(cm ² /m)

Lado B	As	Unidad
M. maximo	4,5	(cm ² /m)
A. Minima	4,86	(cm ² /m)

Lado A	
18227	Kg*m
4850	Kg*m
ϕM_n	Unidad
18227	Kg*m
¿Mu ≤ ϕM_n ?	
Si cumple, por ende, el As elegido satisface el Mu	

Lado B	
5025	Kg*m
4850	Kg*m
ϕM_n	Unidad
5025	Kg*m
¿Mu ≤ ϕM_n ?	
Si cumple, por ende, el As elegido satisface el Mu	