

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Diseño de hormigón utilizando materiales extraídos de canteras locales
en la provincia de Galápagos.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Civil

Presentado por:

Josué Iván Paredes Reyes

Jhoanna Estefanía Yáñez Yépez

GUAYAQUIL - ECUADOR

I PAO 2023

DEDICATORIA

Quiero dedicar este proyecto a mi hermano, quien ha sido mi mejor amigo y compañero de juegos desde que tengo memoria. To Kyle, not only for believing in me, but also always making me happy and making me feel like I'm living in a fairy tale. To my future family and kids, because I love you without knowing you yet, and everything I do is for you. For the planet and future engineers who will help to make this a better world.

Jhoanna Yáñez Yépez

Quiero dedicar este trabajo a mis padres que han sido mi apoyo incondicional desde siempre. A mi hermano por ser mi compañero durante toda mi vida y alegrarme la vida siempre. A mi pareja, Alisson, por ser una fuente de felicidad y motivación constante durante este trabajo y durante cada día. Y a todas las personas que han confiado en mi desde el primer momento en que lograría cumplir con mis objetivos.

Josué Paredes Reyes

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Klaus por darme amor de manera incondicional, por borrar mis lágrimas y llenar mi ropa con sus pelitos, pero mi corazón con sus huellitas; a mi papi Peter por llenarme de amor, cuidarme, entenderme y apoyarme en todo momento por más difícil que fuera la situación; a mi madre Saskya por enseñarme a ser fuerte, perseverante, responsable y no depender de nadie; a mis tíos Sylvannita, Guidvia y Humberto (y a todos mis primos) por ser parte de quien hoy soy; a mis compañeros Josué, Juan Carlos y José, quienes estuvieron a mi lado en cada paso de este viaje llenándome risas, y a cada amigo que se unió a esta grande aventura; y a mis profesores Erwin, Fernando y Natividad por demostrarme como es la educación con amor, pasión y profesionalismo.

Jhoanna Yánez Yépez.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Sabrina, mi madre, por ser la persona que nunca ha descansado por verme triunfado y haber creído en mí durante toda la vida; a William, mi padre, por ser la fortaleza y ejemplo de disciplina que tanto he necesitado; a Danilo, mi hermano y confidente; por enseñarme lo que es dedicación y tenacidad con mis objetivos, a mis abuelos, tíos y primos por depositar su confianza en mí y en lo que puedo conseguir; a mis amigos de carrera, Jhoa, Juan Carlos, José, Gia y todos los que han estado durante este camino y lo han hecho mucho mejor de lo que siempre esperé; y a mis tutores Natividad García, Daniel Falquez y Samantha Hidalgo, por brindarme de sus conocimientos y experiencia y enseñarme lo que es ser un verdadero profesional.

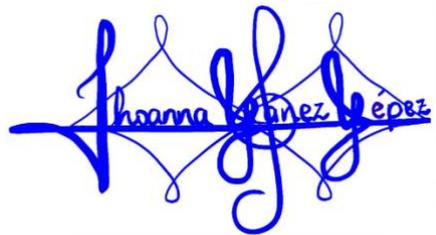
Josué Paredes Reyes

Declaración Expresa

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponden conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Josué Paredes Reyes y Jhoanna Yáñez Yépez damos nuestro consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”



Autor 1
Josué Paredes Reyes



Autor 2
Jhoanna Yáñez Yépez

EVALUADORES

.....
Ing. Daniel Falquez T.

PROFESOR DE LA MATERIA

.....
Ing. Natividad García T.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En la industria de la construcción, la búsqueda de materiales sostenibles y locales se ha convertido en una prioridad para promover prácticas respetuosas con el medio ambiente buscando reducir la dependencia de recursos costosos y no renovables. En este sentido, las Islas Galápagos ofrecen una variedad de agregados disponibles que merecen ser explorados y analizados en cuanto a su resistencia y viabilidad para la producción de hormigón.

Este estudio presenta un análisis comparativo de la resistencia del concreto usando agregados de diferentes fuentes en Galápagos. Estas muestras se sometieron a pruebas de laboratorio exhaustivas para determinar diferentes propiedades, como su densidad, absorción y resistencia a la compresión. Los resultados revelaron que los agregados de Galápagos tienen características prometedoras para la producción de hormigón. Además de su fortaleza, ofrecen ventajas adicionales, como su origen local, lo que reduce costos y la huella de carbono asociada con el transporte de materiales. Asimismo, el uso de estos agregados podría promover la sostenibilidad y desarrollo económico en las comunidades locales.

En conclusión, este estudio destaca la perspectiva prometedora de utilizar agregados de Galápagos en la producción de concreto, cumpliendo con las especificaciones técnicas. La investigación demuestra que estos recursos locales pueden ser una alternativa viable y sostenible a los agregados tradicionales. Este descubrimiento no solo beneficia al sector de la construcción en Galápagos, sino que también tiene el potencial de inspirar y motivar a otras regiones a explorar y aprovechar sus recursos locales en la búsqueda de prácticas de construcción más sostenibles y resilientes.

Palabras Clave: Construcciones, Galápagos, Sostenibilidad, Agregados, Cemento.
(Mínimo 4 y máximo 5 palabras)

ABSTRACT

In the construction industry, the search for sustainable and local materials has become a priority to promote more environmentally friendly practices to reduce dependence on costly and non-renewable resources. In this regard, the Galapagos Islands offers a rich variety of aggregates available locally that deserve to be explored and analyzed in terms of their strength and viability for concrete production.

This study presents a comparative analysis of concrete strength using aggregates from different sources in Galapagos. These samples underwent comprehensive laboratory testing to determine different properties such as their density, water absorption, and compressive strength. The results revealed that Galapagos aggregates have promising characteristics for concrete production. In addition to their strength, Galapagos aggregates offer additional advantages, such as their local origin, which reduces costs and the carbon footprint associated with material transportation. Furthermore, the use of these aggregates could promote sustainability and economic development in local communities.

In conclusion, this study highlights the promising prospect of using Galapagos aggregates in concrete production, meeting the technical specifications. The research demonstrates that these local resources can be a viable and sustainable alternative to traditional aggregates. This discovery not only benefits the construction sector in Galapagos but also has the potential to inspire and motivate other regions to explore and harness their own local resources in pursuit of more sustainable and resilient construction practices.

Keywords: *Constructions, Galapagos, Sustainability, Cement Aggregates, Cement.*

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

1.	INTRODUCCIÓN	16
1.1.	Antecedentes.....	16
1.2.	Presentación general del problema	18
1.3.	Justificación del problema.....	18
1.4.	Objetivos.....	19
2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	20
2.1.	Revisión de literatura	20
2.2.	Área de estudio	24
2.3.	Trabajo de campo y laboratorio	25
2.4.	Análisis de datos	27
2.5.	Análisis de alternativas	28
3.	DISEÑO Y ESPECIFICACIONES	32
3.1.	Diseño.....	32
3.2.	Especificaciones técnicas	37
4.	ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL.....	39
4.1.	Descripción del proyecto.....	39
4.2.	Línea base ambiental.....	40
4.3.	Actividades del proyecto	41
4.4.	Identificación de impactos ambientales.....	41
4.5.	Valoración de impactos ambientales.....	44
4.6.	Medidas de prevención/mitigación	45
5.	PRESUPUESTO	47
5.1.	Estructura Desglosada de Trabajo	47
5.2.	Rubros y análisis de precios unitarios	48
5.3.	Descripción de cantidades de obra	50

6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
6.1.	Conclusiones.....	52
6.2.	Recomendaciones.....	53

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

AASHTO American Association of State Highway and Transportation

ASTM American Society for Testing and Materials

ACI The American Concrete Institute

INECYC Instituto ecuatoriano del cemento y del hormigón

INEN Instituto ecuatoriano de normalización

FICT Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

TACC Tasa Anual de Crecimiento Compuesto

PCA Portland Cement Association

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
g	Gramo
kg	Kilogramo
pH	Potencial de Hidrógeno
m	Metro
μm	Micrómetro
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius
min	Minutos
f'c	Resistencia a la compresión
f'cr	Resistencia a la compresión requerida
MPa	Mega pascales
kg/cm^2	Kilogramo por centímetro cuadrado
kg/cm^3	Kilogramo por centímetro cúbico
m^3	Metro cúbico
l	Litro

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.1 Tasa Anual de Crecimiento Compuesto 2013-2022.....	17
Figura 2.2.1 Mapa de galápagos (Google, s.f.)	24
Figura 2.2.2 Ubicación de los conos (Altamirano & Villalta, 2023)	24
Figura 2.4.1 Tipos de roturas de probetas de hormigón	27
Figura 3.2.1 Parihuela o Cajoneta (Bagant, 2023)	38
Figura 4.4.1 Casillero en la Matriz de Leopold (Paredes & Yáñez, 2023).....	43

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.3.1 Listado de muestras extraídas.....	25
Tabla 2.4.1 Resultado de resistencias Diseño 1 (3,7 y 28 días).....	27
Tabla 2.4.2 Resultados de Trabajabilidad Diseño 1	27
Tabla 2.4.3 Resultado de resistencias Diseño 2 (3,7 y 28 días).....	28
Tabla 2.4.4 Resultados de Trabajabilidad Diseño 2	28
Tabla 2.4.5 Resultado de resistencias Diseño 3 (3,7 y 28 días).....	28
Tabla 2.4.6 Resultados de Trabajabilidad Diseño 3.....	28
Tabla 2.5.1 Requisitos de durabilidad de la ACI a ser estudiados	29
Tabla 2.5.2 Porcentaje de aditivo plastificante usado por diseño.....	29
Tabla 3.1.1 Condiciones de diseño, árido grueso y árido fino.	32
Tabla 3.1.2 Cálculo de resistencia requerida (ACI 318).....	32
Tabla 3.1.3 Categorías y clases de exposición (ACI 318)	33
Tabla 3.1.4 Requisitos del hormigón según su clase de exposición (ACI 211)	34
Tabla 3.1.5 Selección de revenimiento máximo y mínimo (ACI 318)	34
Tabla 3.1.6 Contenido de aire y agua de mezcla para diferentes revenimientos y tamaños nominales máximos de agregados. (ACI 211).....	35
Tabla 3.1.7 Relación agua - material cementante en masa. (ACI 211).....	35
Tabla 3.1.8 Volumen de agregado grueso secado en el horno por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino. (ACI 211).....	36
Tabla 3.1.9 Cantidad y volumen de material a usar por metro cúbico (Paredes & Yáñez, 2023)	37
Tabla 3.2.1 Cantidades de material a usar en relación con un saco de cemento (Paredes & Yáñez, 2023)	38
Tabla 4.4.1 Identificación de impactos ambientales de las etapas del proyecto. (Fuente: Paredes, Yáñez (2023)).....	41
Tabla 4.4.2 Código CCAN y actividades relacionadas a la minería (Categorización Ambiental Nacional CCAN, 2015).....	42
Tabla 4.4.3 Lista de revisión de impactos ambientales (Paredes & Yáñez, 2023)	42
Tabla 4.4.4 Matriz de Leopold (Paredes & Yáñez, 2023)	43
Tabla 4.5.1 Matriz de índice total de impacto de las actividades del proyecto (Paredes & Yáñez, 2023).....	44

Tabla 5.2.1 Rubros considerados para la elaboración del hormigón en obra (Paredes & Yáñez, 2023).....	49
Tabla 5.3.1 Cuantificación de los materiales a utilizar para el diseño del hormigón (Paredes & Yáñez, 2023)	51
Tabla 5.4.1 Descripción de cantidades de obra para la producción del diseño de hormigón por metro cúbico. (Paredes & Yáñez, 2023).....	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes

El mundo de la construcción avanza constantemente de la mano del crecimiento poblacional y del desarrollo social. Las distintas necesidades del ser humano dan como resultado una vasta gama de innovaciones en distintas áreas del conocimiento y muchas se centran en la implementación o mejora de los procesos constructivos, ya que estos han estado presentes desde el inicio de la historia humana, se han adaptado acorde a la época y a cada lugar, según las distintas condiciones a las que se han solicitado hasta ser parte de su vida diaria. Las edificaciones, viviendas, edificios, vías, puentes, represas y muchas otras fantásticas obras no son solo arquitectura, sino que también son herramientas y piezas clave, pues conectan ciudades y promueven el desarrollo de varios sectores como lo son el turismo, la ganadería, la pesca, la exportación, entre otros, sin dejar de lado su mayor objetivo, el proveer de manera efectiva un refugio humano y cubrir sus necesidades.

En las construcciones se usan varios materiales con distintos orígenes, la mayoría de ellos logran ser clasificados según la materia prima de la que provienen. Uno de los materiales más usados es el hormigón, el cual incluye en su mezcla agua, cemento y agregados áridos. Este fue el material que intrigó a varios ingenieros civiles en el siglo XVIII, periodo de la revolución industrial, y fue debido a su versatilidad en el área constructiva que fue utilizada en varios asentamientos humanos como las civilizaciones Romanas, Íberas y Celtas. Debido a esta situación, se dio una evolución en su uso, permitiendo así la incorporación de otros materiales, como el acero, y múltiples variaciones o alternativas en sus elementos, por ejemplo, el uso de distintas fuentes de agua o de áridos. De esta manera pasa a ser considerado, desde un punto de vista contemporáneo, un gran precursor de materiales compuestos que permite a los ingenieros seguir indagando y sumergiéndose en el estudio de nuevas posibles alternativas para su fabricación y uso, además de permitir atisbar, con esperanza, un gran futuro del material en el que incluso la tecnología logre ser parte de estos

avances (Simonnet C, 2009). Sin embargo, se debe recordar que aquellas combinaciones y modificaciones no pueden ser hechas arbitrariamente, para su uso, en la actualidad, el hormigón y todos los materiales que lo conforman, deben atravesar ensayos y pruebas rigurosas estandarizadas que aseguren su calidad y perfecto desempeño desde la mezcla del hormigón hasta incluso su colocación en obra, con el fin de asegurar los resultados esperados y priorizar siempre la seguridad y confort de los usuarios.

Uno de los lugares en los que se evidencia un crecimiento social y turístico son las islas Galápagos. Para el año 2022 se registraron 267.688 turistas que ingresaron a las islas, de los cuales el 54% fueron extranjeros, presentando un crecimiento de 168% de arribos extranjeros con relación al 2021, mientras que, en comparación con los últimos 10 años, la TACC de arribos turísticos extranjeros fue de 1.07% y la de arribos turísticos totales de 3.04%. En este año, se registraron aproximadamente 439 mil visitas a distintos poblados de la isla Santa Cruz, superando la cantidad de visitas hacia San Cristóbal e Isabela (Dirección de Uso Público de la DPNG, 2022).



Figura 1.1.1 Tasa Anual de Crecimiento Compuesto 2013-2022 (Dirección de Uso Público de la DPNG, 2022)

Galápagos es una parte maravillosa de Ecuador, sus grandes paisajes, su hermosa flora y fauna y toda su cultura debe ser preservada. Las actividades en las islas buscan ser realizadas de manera responsable y jerarquizada, cada estructura de ser estudiada y sus servicios deben ser adaptados a la

realidad y a las condiciones a las que el cantón se enfrenta, sin dejar de lado garantizar su calidad y además de proponer distintas alternativas sostenibles que fomenten el buen vivir y no comprometan daños o efectos colaterales en su medio ambiente (Bucheli, 2015).

1.2. Presentación general del problema

La provincia de Galápagos, centro turístico de Ecuador, crece constantemente de manera comercial y poblacional, por lo que requiere de más edificaciones y viviendas. En este crecimiento de la provincia, específicamente en el sector de Puerto Ayora, Santa Cruz, uno de los elementos clave en la construcción es el hormigón, el cual está compuesto en su mayoría con agregados extraídos de conos volcánicos, cuyas propiedades físicas y químicas son factores de alta influencia en el producto final. Además, con base al análisis de los procesos constructivos que se realizan en el sector de Puerto Ayora, se puede mencionar que predominan las prácticas empíricas y más tradicionales en la producción de hormigón lo que posteriormente repercute en las construcciones.

Cada construcción es muy diferente y en las islas aún más, el acceso a materiales de construcción es limitado, por lo que se necesita de una planificación y logística más rigurosa. El transporte de materiales hacia Galápagos es un gran desafío debido a variables como el tiempo de entrega, la cantidad admisible, correcta preservación y cuidado de los materiales, sin mencionar el combustible y personal necesario.

1.3. Justificación del problema

En la construcción, cada etapa es de suma importancia, ya que un mínimo error puede dar como resultado graves consecuencias, tales como no alcanzar los requerimientos establecidos por el cliente, desperdicio de materiales, gastos monetarios y reprogramación de las distintas fases del proyecto, además, durante varios años el sector constructivo ha realizado edificaciones sin medir el impacto que tendrán en el medio ambiente. Varios proyectos se han ejecutado sin un análisis de los distintos procesos que conllevan su construcción, desde la extracción de materia prima hasta el

traslado, cuidado y colocación de los elementos estructurales y no estructurales.

Es por estos motivos que se plantea una solución que satisfaga las necesidades constructivas de la isla Santa Cruz, tomando como prioridad el cumplimiento de objetivos sostenibles de Galápagos. Esta propuesta busca preservar la naturaleza y ofrecer al usuario un producto de calidad que le ofrezca confort y completa seguridad.

1.4. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Presentar un diseño de hormigón para las construcciones de viviendas en Santa Cruz (Galápagos), usando materiales del sitio y comparando su viabilidad con métodos actuales.

1.1.2. Objetivos Específicos

- 1) Obtener las propiedades y características de los agregados obtenidos en Santa Cruz mediante prácticas y ensayos en laboratorio.
- 2) Estudiar la viabilidad del uso de los agregados provenientes de Santa Cruz en comparación con los materiales que se usan actualmente.
- 3) Analizar las distintas condiciones ambientales y de resistencia a las que las construcciones podrían enfrentarse, asegurando que la mezcla propuesta cumplirá satisfactoriamente aquellos requerimientos.
- 4) Promover la producción y el consumo responsable en el área de la construcción en Galápagos.

CAPÍTULO 2

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Revisión de literatura

2.1.1. Las Islas Galápagos

Estas islas pertenecen a la República de Ecuador ubicadas exactamente en el Océano Pacífico a 972 km de la costa continental. Esta región se encuentra conformada por 13 islas, poseyendo varias elevaciones volcánicas que dan el nombre a cada una de ellas, además, esta es una de las regiones volcánicas más atractivas del mundo (IGEPN, 2012). Al mismo tiempo hay que tener en cuenta que este territorio es considerado la segunda reserva marina con mayor actividad biológica del planeta, declarado Patrimonio de la Humanidad de la Unesco en el año 1978 (UNESCO, 1978). Demográficamente esta región ha ido experimentando un incremento poblacional considerable, pasó de ser una isla utilizada por piratas hasta convertirse en la actualidad en un lugar turístico altamente visitado a nivel mundial. Si se habla en números, en el año de 1950 se tenía una población de 1346 personas, hasta el año 2010 existían 25124, distribuidas aproximadamente en 7236 viviendas según los censos realizados por el INEC en 2010.

Todo este crecimiento poblacional genera un cambio en la estructura social de la región, provocando cambios geográficos debido a la necesidad de viviendas para la población que está en constante crecimiento. Esto claramente genera problemas en el área de construcción debido a la ubicación geográfica de las Islas Galápagos (Ullón, 2022). Los inconvenientes radican esencialmente en la obtención de materia prima, ya que no se encuentran fábricas de metales. También se debe tener en cuenta que pese a que existe ciertos puntos de extracción de agregados (granillo), la cantidad y la forma en la que se procesa están reguladas por normas ambientales. Esto provoca en ciertas ocasiones que se incurra en gastos de transporte para obtener materiales de la zona continental ecuatoriana, con el fin de llevar a cabo los proyectos constructivos y así abrir puertas al progreso de esta zona con la edificación de servicios públicos y privados que brinden un sitio armónico para los pobladores (Salcedo Andrade, 2008).

2.1.2. Problemas de Construcción en Islas

El constante crecimiento de la población en las zonas isleñas ha generado un cambio en la matriz de construcción, debido a que en muchas ocasiones el material que se necesita para la edificación incurre en una serie de gastos debido al traslado de estos desde la zona continental. Además del tiempo de espera que usualmente se tiene debido a la transportación en contenedores. Si bien con la planificación se logra superar estos obstáculos, últimamente la investigación se ha enfocado de materiales de construcción a partir de los recursos disponibles en el archipiélago, en gran parte estos materiales son provenientes de estructuras volcánicas. La ceniza volcánica que se obtiene a partir de la fragmentación del magma puede ser utilizado como un sustituyente del Cemento Ordinario Portland, además posee una serie de propiedades que brindan cualidades únicas a este elemento (Játiva, 2021).

Ciertamente los agregados son fundamentales en la construcción y constituyen uno de los cuatro productos más importantes en la industria de la minería (Akbulut, 2011). Sin embargo, aunque en el continente se explotan de una manera habitual en el caso de las islas constituyen un problema fundamental, por lo tanto, es esencial conocer las posibles aplicaciones de los agregados que se encuentran en estos sectores con el fin de conocer los posibles usos en la construcción. El origen de cada una de las islas determinara la heterogeneidad y variabilidad de los materiales existentes. Haciendo posible su uso, teniendo en cuenta la cantidad y el objetivo de los agregados en la construcción (García-González, 2020). La resistencia de los agregados volcánicos se relaciona de una forma íntima con la porosidad, mineralogía y grado de alteración de la roca generadora.

Puerto Ayora por su distribución geográfica presenta una serie de conos volcánicos los cuales llegan a ser de interés comercial debido a que son una fuente de agregados para la construcción. Esta locación es realmente buena debido a que se ubica en la parte más poblada de las Galápagos, facilitando su distribución y comercio.

2.1.3. Conos Volcánicos

Los conos volcánicos se generan debido a la expulsión de magma a la atmósfera creando, por la acumulación de esta, una forma cónica que posee un cráter central. Debido a la naturaleza de la expulsión se puede catalogar los conos en varios tipos. El primero de ellos se denomina cono de salpicadura el cual se asocia con los volcanes de escudo de lava fluida, se origina al expandirse los gases de la erupción van colocando porciones de lava alrededor de la boca del volcán y esta comienza a desplazarse por fuera del cráter hacia abajo (Robertson, 2002). De esta forma se añade una capa de lava que se va endureciendo una sobre otra hasta soldarse mutuamente. Por otra parte, existen los conos escoria que se forman con los fragmentos de escoria volcánica como son la piedra pómez o piroclásticos, la forma en la que se origina es mediante las partículas de lava que se encuentran en estado sólido, sin embargo, existe un fenómeno en el cual el gas que se encuentra en la lava es expandido por el aire y con esto los pedazos se solidifican alrededor del cráter creando un cono circular. También se encuentra, los conos de toba son formados por partículas diminutas, prácticamente se forma por la acumulación de cenizas. Finalmente existen los estrato-conos, estas estructuras se forman debido a la interacción de lava endurecida con ceniza y piroclastos, esto a partir de una serie de periodos de actividad volcánica (Páez, 2005). De esta forma al analizar la estructura morfológica los elementos constituyentes de cada tipo de conos podrían utilizarse con el fin de encontrar un agregado para la mezcla de hormigón.

2.1.4. Hormigón

El hormigón es una mezcla heterogénea de agua, cemento, agregados finos y gruesos que se combinan de acuerdo con proporciones previamente definidas de acuerdo con la resistencia y especificaciones que se requieran para los distintos proyectos. El hormigón para que pueda llegar a su condición final pasa por dos estados fundamentales. El fresco, estado que sucede inmediatamente después del mezclado y por un lapso de 1 a 2 horas, en este estado encontramos un líquido que tiende a un estado más o menos viscoso. Finalmente, se tiene un estado endurecido que mantiene por el resto de su vida y brinda una resistencia a la aplicación de cargas (Neville, 1995).

2.1.5. Normativa del hormigón

Ecuador cuenta con dos normativas a cumplirse al momento de la creación de hormigón. La normativa nacional la cual se subdivide en norma ecuatoriana de la construcción, norma técnica ecuatoriana (NTE INEN. Como su nombre lo indica se basan en las necesidades ecuatorianas con el fin de crear elementos seguros para la población de nuestra nación. Al mismo tiempo Ecuador se acoge a la normativa internacional subdivide en: American Concrete Institute (ACI), American Association of State Highway and Transportation (AASHTO), American Society for Testing and Materials (ASTM) y Portland Cement Association. Este tipo de regulaciones ayuda a mantener el orden y la seguridad al momento de realizar construcciones, sin embargo, es importante la revisión de estas mediante ensayos con el fin de obtener todos los permisos pertinentes de las instituciones reguladoras nacionales (Mamlouk, 2006).

2.1.6. Método de diseño del hormigón

El hormigón debe tener los más altos estándares de calidad para esto se acoplan a una serie de parámetros como son: durabilidad, resistencia, apariencia, economía y trabajabilidad. Los cuales deben ser analizados mediante algún tipo de método de proporcionamiento de mezclas de concreto normal, pesado y masivo; como lo es el método de proporcionamiento de la ACI 211. La aplicación de esta se basa en una serie de pasos que comienza con la relación entre la resistencia de diseño con la resistencia requerida. A partir de esto se recolecta una serie de información como son el tamaño máximo nominal, requisitos de durabilidad, selección de asentamiento, cantidad de agua, relación agua/cemento, cantidad de cemento, volumen y cantidad de árido (fino – grueso). Todo esto junto nos brinda como resultado el diseño en seco para un metro cuadrado con lo que se obtendrá el diseño adecuado para cada necesidad de construcción (Ejiogu, 2020).

2.2. Área de estudio

El proyecto es realizado en Puerto Ayora, Santa Cruz, ubicado en las islas de Galápagos las cuales a su vez se encuentran a 972 km de la costa de Ecuador.

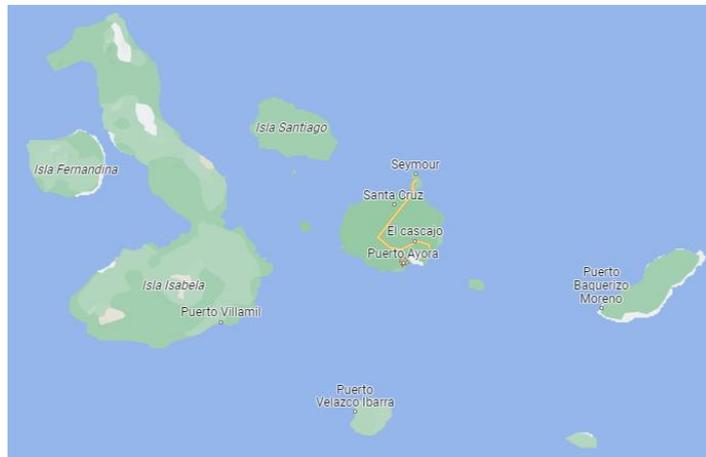


Figura 2.2.1 Mapa de galápagos (Google, s.f.)

A finales de febrero del 2023, un grupo de docentes y estudiantes de la FICT (Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra) visitaron múltiples zonas de Puerto Ayora con el fin de estudiar a profundidad las canteras y los áridos que se encuentran en el sector. En la figura 2.2.2 a continuación, en el mapa realizado por David Altamirano Morán y Mishelle Villalta Echevería, se puede apreciar la ubicación de los que las muestras fueron extraídas.

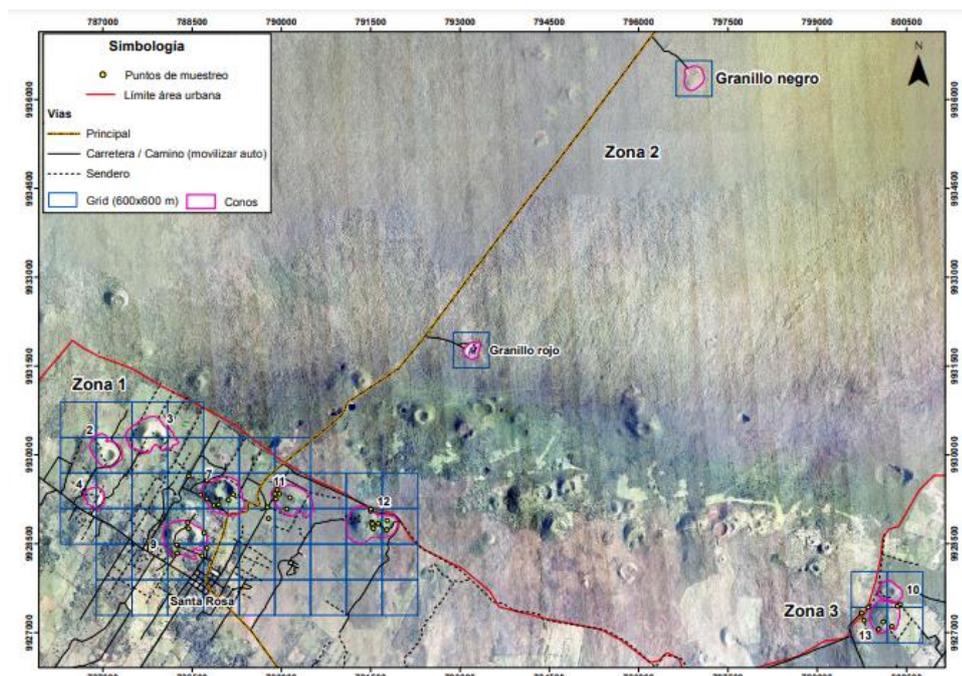


Figura 2.2.2 Ubicación de los conos (Altamirano & Villalta, 2023)

Este estudio se compone a su vez de otros proyectos integradores realizados por estudiantes de ESPOL, el primero es “Caracterización topográfica y geológica de nuevas fuentes de material pétreo en la isla Santa Cruz” por Jhoselyn Tipán M. y el segundo es “Plan de explotación de material pétreo en el sector urbano de la Isla Santa Cruz” por Marwin Loayza V. y Antonio Quinde A. donde se analizan los procesos previos de geología y minería para el proyecto.

Se extrajeron muestras de los conos volcánicos y de las canteras granillo negro y granillo rojo, de donde se extraen el 95% de los agregados (Sistema de Control de Recursos Naturales – DPNG). Las rocas que se usarán para la trituración y obtención de los agregados finos y gruesos fueron formadas a lo largo de los años en la superficie de las islas mediante procesos de erupción y posterior enfriamiento. El diseño de hormigón propuesto será realizado con una resistencia que logre cumplir satisfactoriamente requerimientos para construcciones de viviendas de hasta tres pisos.

2.3. Trabajo de campo y laboratorio

Para la extracción del material se contemplaron tres zonas , en las cuales también se hizo un análisis de granillo rojo y granillo negro. En el trabajo de campo, se recolectaron muestras provenientes de doce distintos conos, sin embargo, el material que será utilizado para este análisis proviene de las canteras de granillo rojo y granillo negro con los códigos (CVG-14-H-B) y (CVG-14-H-D).

LISTADO DE MUESTRAS		
Código	Peso	
CVG-01-H-A	19.20	kg
CVG-01-H-B	19.80	kg
CVG-07-H-A	26.10	kg
CVG-07-H-B	24.70	kg
CVG-09-H-A	27.00	kg
CVG-09-H-B	23.60	kg
CVG-09-H-C	27.40	kg
CVG-09-H-D	37.00	kg
CVG-14-H-A	26.80	kg
CVG-14-H-B	40.90	kg
CVG-14-H-C	25.90	kg
CVG-14-H-D	40.20	kg
TOTAL	338.60	kg

Tabla 2.3.1 Listado de muestras extraídas

Con ayuda de los laboratorios de la FICT y de un laboratorio privado, se realizaron diferentes ensayos a los agregados recolectados con el fin de caracterizarlos para ser posteriormente utilizados en la producción de hormigón y estudiar su factibilidad; los ensayos y procesos realizados fueron los siguientes:

- Procesos de trituración del agregado (triturado con mandíbula y reducción manual).
- Homogenización y reducción de muestra para áridos. INEN 694/ ASTM C702
- Análisis granulométrico de agregados (Fino y Grueso). INEN 694/ ASTM C136/ AASHTO T27-11.
- Cantidad de material más fino que 75 μm (No. 200). INEN 697/ ASTM C117
- Determinación de la densidad, densidad relativa (peso específico) y capacidad de absorción para el árido grueso. INEN 857/ ASTM C127/ AASHTO T85-10.
- Determinación de la densidad, densidad relativa (peso específico) y capacidad de absorción para el árido fino. INEN 856/ ASTM C128/ AASHTO T85-10.
- Determinación del contenido de humedad de los agregados. INEN 862/ ASTM C566/ AASHTO T255-00
- Determinación de la degradación del árido grueso. Abrasión los Ángeles. INEN 860/ ASTM C131.

Una vez realizada la caracterización, se procedió con el diseño de hormigón con una resistencia requerida de 240 kg/cm^2 a 28 días y posteriormente se determinaron los parámetros de asentamiento, temperatura y resistencia a la compresión simple mediante la preparación y curado de especímenes de hormigón. Para la dosificación es importante conocer las condiciones a las que la obra se expondrá y la resistencia a la compresión mínima necesaria para los requisitos estructurales. (Gutiérrez de López, 2003)

- Informe de ensayo resistencia a la compresión del hormigón. INEN 1573/ ASTM C39
- Determinación de asentamiento y temperatura. INEN 1578/ ASTM C143/ ASTM C1064

- Refrentado de Especímenes Cilíndricos del Hormigón con el Uso de Capas no Adheridas. INEN 2560/ ASTM C1231

Se realizó inicialmente una mezcla de prueba, con las proporciones que se calcularon inicialmente, esto es con el objetivo de analizar el comportamiento del hormigón hasta lograr que sea optimizado y cumpla con las características requeridas, se analizan ensayos de asentamiento, resistencia a la compresión, se lo compara con la resistencia especificada y se reajustan las cantidades según los resultados obtenidos. (Sánchez de Guzmán, 2010)

2.4. Análisis de datos

A continuación, se presenta el informe de resistencias obtenida a los tres, siete y veintiocho días de probetas de los distintos diseños. Todas las probetas presentaron una ruptura Tipo 5. Se presenta también los resultados de trabajabilidad y la temperatura, al ser en un ambiente controlado fue de 27°C.



Figura 2.4.1 Tipos de roturas de probetas de hormigón

2.4.1. Diseño 1.- CVG061301

Edad	Carga Máxima	Resistencia	%f'c
Días	KN	kg/cm ²	%
3	67.9	86.5	36
7	158.1	201.3	84
28	170.2	216.7	90

Tabla 2.4.1 Resultado de resistencias Diseño 1 (3,7 y 28 días)

Es posible visualizar que a la primera semana ya alcanza un valor superior al 50% de la resistencia de diseño o resistencia requerida.

Resultados de Trabajabilidad	
Slump 0 min	24,0 cm
Slump 30 min	22,0 cm
Slump 60 min	19,5 cm

Tabla 2.4.2 Resultados de Trabajabilidad Diseño 1

2.4.2. Diseño 2.- CVG062301

Los resultados obtenidos para el diseño 2 fueron los siguientes.

Edad	Carga Máxima	Resistencia	%f'c
Días	KN	kg/cm2	%
3	65.9	83.9	53
7	149.3	190.1	79
28	166.8	212.4	88

Tabla 2.4.3 Resultado de resistencias Diseño 2 (3,7 y 28 días)

Resultados de Trabajabilidad	
Slump 0 min	22,0 cm
Slump 30 min	19,5 cm
Slump 60 min	17,0 cm

Tabla 2.4.4 Resultados de Trabajabilidad Diseño 2

2.4.3. Diseño 3.- CVG071001

Los resultados obtenidos para el diseño 3 fueron los siguientes.

Edad	Carga Máxima	Resistencia	%f'c
Días	KN	kg/cm2	%
3	69.7	88.7	37
7	145.8	185.6	77
28	168.8	214.8	90

Tabla 2.4.5 Resultado de resistencias Diseño 3 (3,7 y 28 días)

Resultados de Trabajabilidad	
Slump 0 min	18,0 cm
Slump 30 min	17,0 cm
Slump 60 min	15,0 cm

Tabla 2.4.6 Resultados de Trabajabilidad Diseño 3

2.5. Análisis de alternativas

Las principales diferencias entre las mezclas de hormigón será la selección de asentamiento, lo que indica el revenimiento máximo y mínimo; la relación agua-cemento; la resistencia de diseño y las condiciones a las que la obra será expuesta considerando las siguientes alternativas en relación con el ambiente de Galápagos:

Requisitos de Durabilidad		
Categoría	Clase	Condición
Sulfato	S3	Sulfato disuelto en agua (ppm) > 10000
Contacto con el Agua	W1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad
Protección del refuerzo para la corrosión	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos des congelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen.

Tabla 2.5.1 Requisitos de durabilidad de la ACI a ser estudiados

Adicionalmente, otro parámetro a considerar es la incorporación de aditivos plastificantes de diferentes tecnologías ya que variará la dosis utilizada en las mezclas propuestas, esto se realiza con el fin de plastificar la muestra sin la necesidad de incrementar la cantidad de agua que es utilizada en la mezcla, aportando con la resistencia del hormigón. La cantidad usada para el diseño 1 hizo que la plasticidad fuera muy alta por lo que se redujo su porcentaje para el diseño 2 y luego se lo volvió a reducir notablemente para el diseño 3.

Diseño	Código	Tipo de Plastificante	Aditivo Plastificante
1	CVG061301	Naftaleno	0.90%
2	CVG062301	Poli carboxilato	0.75%
3	CVG071001	Naftaleno	0.26%

Tabla 2.5.2 Porcentaje de aditivo plastificante usado por diseño.

La elección del tipo de plastificante se realizó en base a las necesidades de las Islas, tomando en consideración que no existe un transporte prolongado de hormigón, debido a que las mezclas son producidas en obra, y además de que los plastificantes que usan poli carboxilatos tienden a corroer el acero de refuerzo, se determinó que el uso de un plastificante con tecnología en naftalenos es en muchos aspectos el más conveniente.

Al ser un proyecto realizado en Galápagos una restricción que aparece es el uso del agua para las mezclas de hormigón debido a que en las islas el acceso a la misma es restringido, en las obras realizadas se usa material reciclado de la zona, sin embargo, debido a permisos legales gubernamentales no es posible trasladar esa agua al exterior de la isla por lo que los ensayos han sido realizados con agua potable.

2.5.1. Dosificación Diseño 1.- CVG061301

Diseño 1 - CVG061301

Materiales		Diseño 1m ³ (SSS)	
		kg	m ³
Cemento	Holcim GU	330,00	0,116
Agua	Agua Potable*	250,00	0,250
A. Fino	Mina: Granillo Rojo	761,00	0,307
A. Grueso	Mina: Granillo Rojo	750,00	0,320
Aditivo 1	Plastificante 1 (0,9%)	2,97	0,002
Relación A/C: 0,76		2093,97	1,005

2.5.2. Dosificación Diseño 2.- CVG062302

Diseño 2 - CVG062301

Materiales		Diseño 1m ³ (SSS)	
		kg	m ³
Cemento	Holcim GU	330,00	0,116
Agua	Agua Potable*	250,00	0,250
A. Fino	Mina: Granillo Rojo	824,00	0,333
A. Grueso	Mina: Granillo Rojo	692,00	0,295
Aditivo 1	Plastificante 2 (0,75%)	2,48	0,002
Relación A/C: 0,76		2098,48	1,005

2.5.3. Dosificación Diseño 3.- CVG071001

Diseño 3 - CVG071001

Materiales		Diseño 1m ³ (SSS)	
		kg	m ³
Cemento	Holcim GU	380,00	0,133
Agua	Agua Potable*	220,00	0,220
A. Fino	Mina: Granillo Rojo	666,00	0,269
A. Grueso	Mina: Granillo Rojo	667,00	0,389
Aditivo 1	Plastificante 2 (0,26%)	0,99	0,001
Relación A/C: 0,58		2098,48	1,012

En base a los resultados obtenidos de las tres mezclas realizadas, y considerando que el comportamiento del hormigón se ve afectado por factores como la salinidad, la calidad del agua utilizada en obra, que fue un factor que no se pudo replicar, el tipo de aditivo empleado, entre otros, se determina el diseño con el que se realizó

la mezcla número tres como el satisfactorio, cumpliendo con los requerimientos solicitados.

Sin embargo, es importante mencionar que previo a la elección definitiva de un diseño se deberá evaluar la factibilidad de producir el diseño de hormigón ya mencionado.

CAPÍTULO 3

3. DISEÑO Y ESPECIFICACIONES

3.1. Diseño

3.1.1. Condiciones consideradas para el diseño

Condiciones	
Selección de Asentamiento	Vigas, losas, muros reforzados y columnas de edificios
Resistencia de diseño (MPa)	21
Desviación Estándar	NO
Tamaño máximo nominal	19
Módulo de Finura	2.4
Condiciones Árido Grueso	
Peso Suelto (kg/m ³)	1760
Peso Compactado (kg/m ³)	1840
Humedad %	6.50
Absorción %	10.10
Gravedad Específica (kg/m ³)	1714
Condiciones Árido Fino	
Peso Suelto (kg/m ³)	1950
Peso Compactado (kg/m ³)	2080
Humedad %	5.26
Absorción %	8.60
Gravedad Específica (kg/m ³)	2478
Condiciones de la Obra	
Densidad del agua (kg/m ³)	1000
Densidad del cemento (kg/m ³)	2850

Tabla 3.1.1 Condiciones de diseño, árido grueso y árido fino.

3.1.2. Pasos para seguir para el diseño final de hormigón

Paso 1: Determinación de la resistencia requerida en base al elemento a construir, en el diseño 3 se diseñó el hormigón esperando obtener una resistencia de 210 kg/cm² a los 28 días, sin considerar una desviación estándar.

La resistencia f'_c a usar es: 20.60 MPa

Resistencia a compresión especificada, f'_c MPa	Resistencia a compresión media requerida, f'_{cr} MPa
Menos de 21	$f'_c + 7.0$
21 a 35	$f'_c + 8.5$
Más de 35	$1.10 f'_c + 5.0$

Tabla 3.1.2 Cálculo de resistencia requerida (ACI 318)

Por lo tanto, se considera el ajuste para resistencias menor a 21 MPa y la resistencia a compresión requerida es:

$$f'_{cr} = 20.60 + 7.0 \approx 27.60 \text{ MPa}$$

Paso 2: Se establece el tamaño máximo nominal de 19 mm del agregado grueso.

Paso 3: Se analiza los requisitos de durabilidad de acuerdo con las condiciones de la zona en la que se construirá la obra.

Categoría	Clase	Condición	
Congelamiento y deshielo (F)	F0	Concreto no expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo	
	F1	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y exposición ocasional a la humedad	
	F2	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo y en contacto frecuente con la humedad	
	F3	Concreto expuesto a ciclos de congelamiento y deshielo que estará en contacto frecuente con la humedad y expuesto a productos químicos descongelantes	
Sulfato (S)		Sulfatos solubles en agua (SO_4^{2-}) en el suelo, % en masa^[1]	Sulfato (SO_4^{2-}) disuelto en agua, ppm^[2]
	S0	$SO_4^{2-} < 0.10$	$SO_4^{2-} < 150$
	S1	$0.10 \leq SO_4^{2-} < 0.20$	$150 \leq SO_4^{2-} < 1500$ o agua marina
	S2	$0.20 \leq SO_4^{2-} \leq 2.00$	$1500 \leq SO_4^{2-} \leq 10000$
	S3	$SO_4^{2-} > 2.00$	$SO_4^{2-} > 10000$
En contacto con el agua (W)	W0	Concreto seco en servicio Concreto en contacto con el agua donde no se requiere baja permeabilidad	
	W1	En contacto con el agua donde se requiera baja permeabilidad	
Protección del refuerzo para la corrosión (C)	C0	Concreto seco o protegido contra la humedad	
	C1	Concreto expuesto a la humedad, pero no a una fuente externa de cloruros	
	C2	Concreto expuesto a la humedad y a una fuente externa de cloruros provenientes de productos químicos descongelantes, sal, agua salobre, agua de mar o salpicaduras del mismo origen	

Tabla 3.1.3 Categorías y clases de exposición (ACI 318)

Debido a la alta exposición a las sales y al uso de agua salobre en la producción de mezclas de hormigón en las obras civiles de Galápagos, se considera necesario clasificar el hormigón como tipo C2.

Sin embargo, tomando en consideración los aspectos técnicos manejados en el sector de estudio, se decidió realizar el diseño de un hormigón convencional con la finalidad de mantener proporciones de materiales lo más parecidas a las utilizadas actualmente.

Clase de Exposición	Relación a/mc máx. ^[1]	f'c Mínimo MPa	Requisitos mínimos adicionales			Límites en los Materiales cementantes
			Contenido de aire			
F0	N/A	17	N/A			N/A
F1	0.55	24	Tabla 19.3.3.1			N/A
F2	0.45	31	Tabla 19.3.3.1			N/A
F3	0.40 ^[2]	35 ^[2]	Tabla 19.3.3.1			26.4.2.2(b)
			Tipos de material cementante ^[3]			Aditivo cloruro de calcio
			ASTM C 150M	ASTM C 595M	ASTM C 1157M	
S0	N/A	17	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción en el tipo	Sin restricción
S1	0.50	28	II ^{[4][5]}	Tipos IP, IS o IT con designación (MS)	MS	Sin restricción
S2	0.45	31	V ^[5]	Tipos IP, IS o IT con designación (HS)	HS	No se permite
S3	0.45	31	V más puzolanas o cemento de escoria ^[6]	Tipos IP, IS o IT con designación (HS) más puzolanas o escoria ^[6]	HS más puzolanas o escoria ^[6]	No se permite
W0	N/A	17	Ninguna			Ninguna
W1	0.50	28	Ninguna			Ninguna
			Contenido máximo de iones de cloruro (Cl) soluble en agua en el concreto, porcentaje por peso de cemento ^[7]		Requisitos adicionales	
			Concreto no preesforzado	Concreto preesforzado		
C0	N/A	17	1.00	0.06	Ninguno	
C1	N/A	17	0.30	0.06		
C2	0.40	35	0.15	0.06	Recubrimiento de concreto ^[8]	

Tabla 3.1.4 Requisitos del hormigón según su clase de exposición (ACI 211)

Paso 4: Se selecciona el asentamiento. Debido a que se busca construir vigas, losas, muros reforzados y columnas de edificios, el revenimiento máximo será 100 mm y el revenimiento mínimo será 25 mm.

Construcción de Hormigón	Revenimiento mm	
	Máximo	Mínimo
Zapata y muros de cimentación reforzado	75	25
Zapatas, cajones y muros de subestructuras sin refuerzo	75	25
Vigas y muros reforzados	100	25
Columnas de edificios	100	25
Pavimentos y losas	75	25
Concreto masivo	50	25

Tabla 3.1.5 Selección de revenimiento máximo y mínimo (ACI 318)

Paso 5: Se procede a revisar la tabla del contenido de aire y agua de mezcla para diferentes revenimientos y tamaños nominales máximos de agregados. En pasos anteriores se estableció que el tamaño máximo de la grava es de 19 mm y el revenimiento se encuentra entre 75 y 100 mm, por lo que, la cantidad de agua es 205 Kg, pero se utilizará una cantidad mayor debido a la alta absorción que presentan los agregados fino y grueso, obteniendo una cantidad de agua por metro cúbico de 220 a 250 kg y la cantidad de aire aproximadamente es del 1%.

Revenimiento (cm)	Tamaño máximo de la grava (mm)							
	9.5	12.5	19	25	38	50	75	150
Concreto sin aire incluido								
2.5 -> 5	207	199	190	179	166	154	130	113
7.5 -> 10	228	216	205	193	181	169	145	124
15 -> 17.5	243	228	216	202	190	178	160	---
Aire atrapado aprox. (%)	3	2.5	2	1.5	1	0.5	0.3	0.2
Concreto con aire incluido								
2.5 -> 5	181	175	168	160	150	142	122	107
7.5 -> 10	202	193	184	175	165	157	133	119
15 -> 17.5	216	205	197	174	174	166	154	---
Promedio recomendado de aire a incluir según el tipo de exposición (%)								
Exposición Ligera	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1
Exposición Moderada	6	5.5	5	4.5	4.5	4	3.5	3
Exposición Severa	7.5	7	6	6	5.5	5	4.5	4

Tabla 3.1.6 Contenido de aire y agua de mezcla para diferentes revenimientos y tamaños nominales máximos de agregados. (ACI 211)

Paso 6: Se obtiene la relación agua/cemento en la tabla considerando la resistencia a la compresión 28 a los días ($f'_{cr} = 27.60$ MPa). Se interpola los valores en la tabla.

$$a/c = \frac{0.55 - 0.62}{30 - 25} (27.60 - 25) + 0.62 = 0.5863$$

Resistencia a Compresión a los 28 Días, kg/cm ² (MPa)	Relación agua-material cementante en masa	
	Concreto sin aire incluido	Concreto con aire incluido
450 (45)	0.38	0.31
400 (40)	0.43	0.34
350 (35)	0.48	0.40
300 (30)	0.55	0.46
250 (25)	0.62	0.53
200 (20)	0.70	0.61
150 (15)	0.80	0.72

Tabla 3.1.7 Relación agua - material cementante en masa. (ACI 211)

Paso 7: Una vez que se obtuvo la relación del agua con el material cementante, es posible obtener la cantidad del cemento al despejar la fórmula.

$$\text{Relación } a/c = \frac{\text{Cantidad de Agua}}{\text{Cantidad de Cemento}}$$

$$\text{Cantidad de Cemento} = \frac{\text{Cantidad de Agua}}{\text{Relación } a/c} = \frac{220 \text{ kg}}{0.5863} = 375.23 \text{ kg} \approx 380 \text{ kg}$$

Además, calculamos el volumen de cemento conociendo que el peso específico del mismo es de 2850 kg/m³.

$$\text{Volumen de cemento} = \frac{\text{Masa en kg de cemento}}{\text{Peso específico}} = \frac{380 \text{ kg}}{2850 \text{ kg/m}^3} = 0.133 \text{ m}^3$$

Paso 8: Se calcula el volumen y la cantidad de árido grueso compactado necesario.

Máximo tamaño nominal de agregados		Volumen de agregado grueso secado en el horno por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino			
		MÓDULO DE FINURA			
pulgadas	mm	2,40	2,60	2,80	3,00
3/8	9,51	0,50	0,48	0,46	0,44
1/2	12,5	0,59	0,57	0,55	0,53
3/4	19,1	0,66	0,64	0,62	0,60
1	25,4	0,71	0,69	0,67	0,65
1 1/2	38,1	0,75	0,73	0,71	0,69
2	50,8	0,78	0,76	0,74	0,72
3	76,1	0,82	0,80	0,78	0,76
6	152,4	0,87	0,85	0,83	0,81

* Los volúmenes están basados sobre agregados en condiciones de secado al horno descritos en ASTM C 29.
 * Estos volúmenes son seleccionados de relaciones empíricas para producir concreto con un grado de trabajabilidad adecuado para construcción usual reforzada.

Tabla 3.1.8 Volumen de agregado grueso secado en el horno por unidad de volumen de concreto para diferentes módulos de finura de agregado fino. (ACI 211)

En base al tamaño máximo nominal del agregado grueso y el módulo de finura del agregado fino, se estima el volumen de agregado grueso necesario para la mezcla.

$$\frac{b}{bo} = 0.66$$

$$b = 0.66 * bo$$

$$bo = \frac{1840}{1714} = 1.074$$

$$b = 0.66 * 1.074$$

$$b = 0.71$$

Por lo tanto, el volumen de agregado grueso por metro cúbico debería ser de 0.71, sin embargo, esto sería correcto para un agregado convencional, como este no es el caso debemos considerar las características de la forma y composición del agregado grueso, el cual cuenta con vesículas redondeadas que demandan mayor cantidad de material fino, por lo tanto, se consideró adecuado utilizar únicamente un volumen de agregado grueso por volumen de hormigón de 0.389 m3.

Paso 9: Se calcula el volumen y la cantidad de árido fino necesario.

Conociendo los volúmenes de los demás materiales se puede calcular el volumen de agregado fino y con ello la cantidad en kg por metro cúbico, considerando un diseño de 1,012 m³.

$$V_{a.fino} = 1.012 - V_{cemento} - V_{agua} - V_{aditivo} - V_{a.grueso}$$

$$V_{a.fino} = 1.012 - 0.133 - 0.220 - 0.001 - 0.389$$

$$V_{a.fino} = 0.269 \text{ m}^3$$

Posteriormente, se calculan las cantidades en kilogramos de agregado grueso y fino, utilizando los pesos específicos de cada uno.

$$Masa_{a.fino} = V_{a.fino} * PE_{a.fino}$$

$$Masa_{a.fino} = 0.269 * 2478$$

$$Masa_{a.fino} = 666.00 \text{ kg}$$

$$Masa_{a.grueso} = V_{a.grueso} * PE_{a.grueso}$$

$$Masa_{a.grueso} = 0.389 * 1714$$

$$Masa_{a.grueso} = 667.00 \text{ kg}$$

Paso 10: Dosificación: Cantidades y volúmenes de material por metro cúbico.

Material	Cantidad (kg)	Volumen (m ³)
Cemento	380.00	0.133
Agua	220.00	0.220
Agregado fino	666.00	0.269
Agregado grueso	667.00	0.389
Aditivo	0.99	0.001
Total	2098.48	1.012

Tabla 3.1.9 Cantidad y volumen de material a usar por metro cúbico (Paredes & Yáñez, 2023)

Paso 11: Realizar la corrección por humedades cada que se vaya a realizar una mezcla.

3.2. Especificaciones técnicas

Las especificaciones en las que el diseño se basó son las siguientes:

ACI 211 Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete

ACI 318S-14 Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural (Versión en español y en sistema métrico SI)

Se debe considerar que muchos de los procesos de las obras realizadas en Galápagos se hacen de manera empírica, donde usan materiales y técnicas tradicionales, una de las formas en las que miden las cantidades que se deben implementar en la mezcla son las parihuelas o cajonetas, los cuales son herramientas menores, similares a un cajón sin tapa, que facilita el transporte de materiales cuyas dimensiones pueden ser variables.



Figura 3.2.1 Parihuela o Cajoneta (Bagant, 2023)

Si se considera una parihuela de lados iguales de treinta centímetros, con un volumen de 0.0270 m^3 , para un diseño se necesitarían llenar dos parihuelas y media por arena natural, dos parihuelas y media de ripio $\frac{3}{4}$, 35 litros de agua, 0.15 litros de plastificante y un saco de cemento como se expresa en la tabla a continuación:

Agua	35.0	Litros
Cemento	1.0	Saco
Arena Natural	2.5	Parihuela
Ripio $\frac{3}{4}$	2.5	Parihuela
Plastificante	0.15	Litros

Tabla 3.2.1 Cantidades de material a usar en relación con un saco de cemento (Paredes & Yáñez, 2023)

CAPÍTULO 4

4. ESTUDIO DEL IMPACTO AMBIENTAL

4.1. Descripción del proyecto

En la actualidad el pensamiento humano ha experimentado cambios significativos que están ocasionando un impacto positivo en la naturaleza. La sociedad se esfuerza por realizar que cada proyecto que beneficie a los seres humanos tenga el menor impacto posible con el medio ambiente. En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas desarrolló una lista de Objetivos de Desarrollo Sostenibles (ODS) los cuales ayuden a encauzar los proyectos de tal forma que se logre un equilibrio entre las necesidades humanas y la conservación de la naturaleza.

El proyecto que se realiza a cabo en Santa Cruz, Puerto Ayora, en las Islas Galápagos, utiliza los agregados obtenidos de las canteras para el diseño de hormigón no solo ayuda a la población desde el aspecto económico y de logística, sino que también reduce las emisiones de CO₂ y consumo de combustibles fósiles que se requeriría transportar esos materiales de construcción. Cabe recalcar que el transporte no solo tiene que ver con el consumo que se requiere desde el continente a la isla, sino que también el transporte interno del material que puede variar dependiendo del stock que tenga cada mina. A partir de esto se está creando una industria de producción y consumo responsable teniendo en cuenta que las regulaciones que manden en este proceso minero deben ser las más rigurosas teniendo en cuenta el frágil ecosistema de Las Galápagos.

Este proyecto tiene como objetivo cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 9, 11 y 12: Industria innovación e infraestructura, ciudades y comunidades sostenibles, producción y consumo responsable, respectivamente. Al ofrecer una alternativa sustentable para la industria de la construcción, si bien este último objetivo ya se trabaja en las Galápagos cualquier cambio a favor del medio ambiente siempre es bienvenido por el bien de nuestro planeta.

4.2. Línea base ambiental

Medio abiótico:

Las Islas Galápagos, se formaron hace más 3 millones de años como resultado de actividad volcánica, geológicamente se consideran muy recientes. El porcentaje de rocas desprovistas de vegetación es del 70% y se debe a su clima seco y reciente actividad volcánica. El archipiélago posee características climáticas subtropicales, se encuentra alterado por distintas corrientes como la corriente Humboldt y los eventos de El Niño, la primera parte de año se encuentra en una estación cálido-lluviosa, mientras que la segunda mitad en una estación más fría o de lluvia ligera (Snell & Rea, 1999). Ante la necesidad de obtener productos del continente, muchos barcos tienen como destino las Islas Galápagos, sin embargo, muchos de ellos no logran cumplir su objetivo eficazmente, muchos buques se encallan, desvían, sufren de daños estructurales, de manera intencional o no arrojan contaminantes al agua y sin mencionar que incluso aquellos que logran llegar normalmente consumen una alta cantidad de combustible fósil, muchas de estas actividades hacen que se active una emergencia ambiental. El archipiélago cuenta con abundantes áridos presentes en los conos volcánicos, aunque estas áreas no forman parte del Parque Nacional Galápagos y, por lo tanto, no están protegidas. No obstante, existen regulaciones para su explotación y manejo responsable.

Medio biótico:

Muchas especies se encuentran en los diferentes ecosistemas de las islas, tanto en tierra, en las bahías y en las profundidades del océano. Varios de los contaminantes esparcidos por el producto de actividades humanas afectan gravemente a las plantas y animales, desde los tóxicos que se inhalan al respirar, el cambio en las condiciones del suelo, presencia de contaminantes en el agua, hasta las alteraciones que se producen en su cadena alimenticia. Muchas de las actividades como el transporte de materiales, vibraciones, ruido y construcciones altera su hábitat natural forzándolos a migrar a diferentes zonas donde no siempre logran encontrar lo que necesitan para su normal desarrollo, alterando sus patrones de comportamiento como su reloj biológico, reproducción, dieta, entre otros. Es aquí donde pequeños cambios logran generar impactos grandes.

4.3. Actividades del proyecto

El proyecto busca ser planificado desde la etapa de extracción de los áridos para lo cual se necesitará de equipos y profesionales en el área minera para lograr realizarlo de manera controlada bajo las regulaciones impuestas por las autoridades, la siguiente etapa corresponde al tratamiento de los agregados para poder ser usados en la mezcla incluyendo la trituración, lavado y ensayos de estos, y finalmente, su implementación en el diseño del hormigón sumando los otros materiales y componentes.

4.4. Identificación de impactos ambientales

En la tabla 4.4.1 se presentan los impactos ambientales considerados, según la etapa del proyecto.

Etapa	Actividad	Impacto Identificado
Obtención de agregados	Extracción de áridos	Deforestación. Erosión. Impacto visual. Alteración de la dinámica de los procesos. Vibración y ruido. Contaminación del aire.
	Transporte interno	Uso de combustible. Contaminación del aire.
Preparación de los agregados	Trituración	Vibración y ruido.
	Lavado	Uso de agua.
	Ensayos	Uso de energía.
Diseño del hormigón	Realización del hormigón	Uso de agua. Uso de cemento y químicos.

Tabla 4.4.1 Identificación de impactos ambientales de las etapas del proyecto.
(Fuente: Paredes, Yáñez (2023))

Tomando en consideración que la mayoría de impactos ambientales del proyecto están asociados a la actividad minera, se ha realizado un análisis utilizando la categorización CCAN para identificar su magnitud. Se analizó la sección “Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción” y las subsecciones relacionadas con las Islas Galápagos, tabla 4.4.2. Según este análisis, el proyecto se puede decir que se ubica entre la categoría III y IV.

21.2.2	Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción	
21.2.2.1	Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción para proyectos públicos superior a 500.000 m ³ /año	IV
21.2.2.2	Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción para proyectos públicos mayor o igual a 250.000 m ³ /año y menor igual a 500.000 m ³ /año	III
21.2.2.3	Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción para proyectos públicos menor a 250.000 m ³ /año	II
21.2.2.4	Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción mayor a 250.000 m ³ /año en las Islas Galápagos	IV
21.2.2.5	Minería de libre aprovechamiento de materiales de construcción menor o igual a 250.000 m ³ /año en las Islas Galápagos	III

Tabla 4.4.2 Código CCAN y actividades relacionadas a la minería (Categorización Ambiental Nacional CCAN, 2015)

En base a la categoría obtenida, el nivel de impacto se considera mediano o alto por lo que para su ejecución se necesitará una licencia ambiental, lo cual a su vez cuenta de distintos requisitos como lo son el registro en SUIA (Sistema Único de Información Ambiental), una póliza o garantía por responsabilidades ambientales, el pago de una tasa, entre otras actividades.

Una vez que se han establecido los efectos que se causarán en el proyecto, se los agrupa y se los analiza de manera individual, se evalúan distintos parámetros considerando su carácter, duración, si serán de corto o largo plazo en el tiempo, si es posible revertirlos o si es recuperable para determinar qué tan crítico es.

	Carácter		Duración		En el tiempo		Espacio		Reversible	Irreversible	Recuperable	Irrecuperable	Juicio
	Beneficio	Negativo	Temporal	Permanente	Corto plazo	Largo Plazo	Local	Extenso					
Erosión		x		x		x		x	x	x			Crítico
Pérdida de vegetación		x		x		x		x	x	x			Crítico
Pérdida de hábitats		x		x		x		x	x	x			Crítico
Nivel de ruidos y vibraciones		x		x	x		x		x	x			Severo
Riesgo de derrumbes		x	x		x			x	x		x		No significativo
Impacto visual		x		x		x	x			x	x		Moderado
Calidad del aire		x		x		x		x	x		x		Severo
Uso de combustible	x			x	x		x			x		x	Positivo
Uso de agua		x		x	x		x			x		x	Moderado
Uso de energía		x		x	x		x			x	x		No significativo
Uso de químicos		x		x	x		x			x	x		No significativo

Tabla 4.4.3 Lista de revisión de impactos ambientales (Paredes & Yáñez, 2023)

La matriz de Leopold a su vez permite analizar la interacción entre las acciones que generan un impacto ambiental y los elementos del ecosistema que son vulnerables a ser alterados, en los casilleros se analiza la magnitud e importancia de estos.

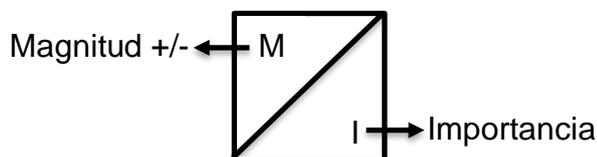


Figura 4.4.1 Casillero en la Matriz de Leopold (Paredes & Yáñez, 2023)

La matriz de la tabla 4.4.4 permite visualizar con mayor facilidad la causa y efecto de las actividades, la magnitud se cuantifica como grande (10 puntos), mediano (5 puntos) y pequeño (1 punto), pudiendo ser negativo si es que la actividad es positiva en alguno de los aspectos; mientras que la importancia se evalúa como nada importante (1 punto) y muy importante (2 puntos).

Matriz de Leopold			Obtención de agregados		Preparación de los agregados			Diseño del hormigón		M	I	Total
			Extracción minera	Transporte interno	Trituración de áridos	Lavado del material	Ensayos de áridos	Realización del hormigón				
Medio abiótico	Suelo	Erosión y pérdida de propiedades del suelo	5	1					5	1	6	
	Agua	Uso de agua y contaminación				5	1	5	11	6	17	
	Atmósfera	Contaminación del aire y ondas sonoras	10	1	5		3	1	20	6	26	
Medio biótico	Flora	Alteración de la vida animal	10	2					10	2	12	
	Fauna	Alteración de la vegetación	10	2					10	2	12	
Actividad humana	Población humana	Cambio en el diario vivir de los ciudadanos						-8	-8	2	-6	
	Turismo	Cambio en las actividades turísticas						-5	-5	1	-4	
	Alteración del terreno	Cambio en el perfil rocoso	5	1					5	1	6	
			M	40	1	5	5	4	-7	48	0	
			I	7	1	1	2	3	7	0	21	
			Total	47	2	6	7	7	0		69	

Tabla 4.4.4 Matriz de Leopold (Paredes & Yáñez, 2023)

La actividad con mayor impacto ambiental será la extracción minera, que afecta notablemente al medio abiótico y biótico, de manera global, el proyecto estará perjudicando constantemente al entorno con contaminación sonora.

4.5. Valoración de impactos ambientales

Los impactos ambientales son valorados tanto de manera cualitativa como cuantitativa, esto permite entender el índice de impacto y sus características como el poder calcular la magnitud que el éste tiene. Uno de los métodos de valoración cuantitativa lo propone la fórmula del índice total de impacto según López (2013).

$$IT = ((M \times T + O) + (E \times D)) \times R \times S$$

E = Extensión (puntual(1), media(3), amplia(5))

D = Distribución (puntual(0.5), continua(1))

O = Oportunidad (oportunas(1), inoportunas(2))

T = Temporalidad (infrecuente(0.5), frecuente(1), permanente(2))

R = Reversibilidad (reversible(1), irreversible(2))

S = Signo(+, -)

M = Magnitud (baja (1), media(2), alta(3))

Acción		Erosión	Pérdida de vegetación	Pérdida de hábitats	Nivel de ruidos y vibraciones	Riesgo de derrumbes	Impacto visual	Calidad del aire	Uso de combustible	Uso de agua	Uso de energía	Uso de químicos
		Puntaje										
COD	Característica											
E	Extensión	3	3	5	5	3	5	3	1	1	1	1
D	Distribución	1	1	1	1	0.5	0.5	1	0.5	0.5	0.5	0.5
O	Oportunidad	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	1
T	Temporalidad	2	2	2	1	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5
R	Reversibilidad	2	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1
S	Signo	1	1	1	1	1	1	1	-1	1	1	-1
M	Magnitud	2	3	3	3	3	2	1	1	1	1	1
IT	Índice total de impacto ((M × T + O) + (E × D)) × R × S	18	22	26	10	10	13	6	-4	3	2	-2

Tabla 4.5.1 Matriz de índice total de impacto de las actividades del proyecto (Paredes & Yáñez, 2023)

Una vez obtenidos los resultados, es posible valorar el impacto en función del valor IT:

Critico: 30-50 puntos.

Severo: 15-30 puntos.

Moderado: 5-15 puntos.

Compatible: menor a 5 puntos.

Donde se comprueba que las actividades con un impacto severo radican en la actividad de la extracción minera y no en si en la realización de la mezcla de hormigón. Las actividades favorables son el uso de combustible, el cual es menor comparado con los métodos actuales y el uso correcto de químicos y materiales al ser correctamente dosificados.

4.6. Medidas de prevención/mitigación

Al haber analizado las actividades a realizar y su reacción en distintos aspectos de entorno, se debe realiza un plan de manejo ambiental, donde se proponen medidas de prevención o mitigación para contrastarlas.

Equipo de trabajo: ese debe elegir al personal de acuerdo con el perfil más apto para realizar cada actividad, cada contrato, requisito, jornada de trabajo, sanciones, obligaciones y derechos debe ser pactada por parte de todos los integrantes.

Estudios de las leyes vigentes y procedimientos: se debe revisar la literatura pertinente antes de realizar cada una de las actividades, se debe entender cada manual, normativa, instructivo, regulaciones y permisos vigentes, además, es importante que los distintos integrantes tengan fácil acceso a los mismos para poder revisarlos en cualquier momento. Este punto es de suma importancia para la explotación minera, donde las actividades deben regirse a lo permitido por el gobierno de Las Islas Galápagos.

Maquinarias, equipos y herramientas: cada uno de estos elementos deben estar en óptimas condiciones para su uso, se debe proveer planes alternativos en caso de que exista algún daño o algún equipo quede inhabilitado, se debe identificar a los responsables del uso y cuidado de estos; y se debe agendar mantenimientos preventivos periódicamente para evitar posibles fallas.

Tipos de equipos: se debe priorizar el uso de maquinarias que sean amigables con el ambiente, que consuman menos energía, que contaminen menos y que generen una mínima contaminación sonora.

Plan de desechos: toda la basura generada en los distintos procesos debe ser correctamente tratadas, es importante identificar los materiales que pueden ser recolectados, reutilizados o reciclados, y, aún más importante, se debe garantizar que ninguno de los desechos perjudique o altere el ecosistema.

Plan de salud y seguridad (individuos): asegurar que cada integrante del equipo se encuentre sano y listo para realizar cada actividad, revisar periódicamente las

condiciones de las personas que realicen trabajos en situaciones extremas (trabajo en frío, caliente, con químicos, en alturas, etc.), asegurar que existan los equipos de protección personal necesarios y las señaléticas correspondientes.

Plan de salud y seguridad (entorno): asegurar que las minas sean un lugar seguro, realizar planes en caso de derrumbes, movimientos de tierra o deslizamientos inesperados, medir periódicamente las condiciones del aire, agua y suelo de los lugares aledaños, con el objetivo de monitorear los distintos parámetros y tomar acciones correctivas en caso de ser necesario.

Plan de educación y capacitación (miembros del equipo): cada involucrado en el proyecto debe ser capacitado constantemente, desde seguridad industrial, salud ocupacional y mental. Es crucial que cada miembro esté plenamente consciente de la importancia de mantener un equilibrio con el medio ambiente en todas las etapas del proyecto.

Plan de educación y capacitación (habitantes): es importante socializar las actividades que se están realizando en las islas y las metodologías aplicadas, las relaciones comunitarias permitirán a los usuarios entender la importancia de lo que se está haciendo. Además, esta sensibilización fomentará prácticas de cuidado y preservación del entorno natural de las Islas Galápagos.

CAPÍTULO 5

5. PRESUPUESTO

5.1. Estructura Desglosada de Trabajo

En las siguientes estructuras de desglose de trabajo se puede visualizar los diferentes niveles de dependencias y subdependencias para el diseño de hormigón.

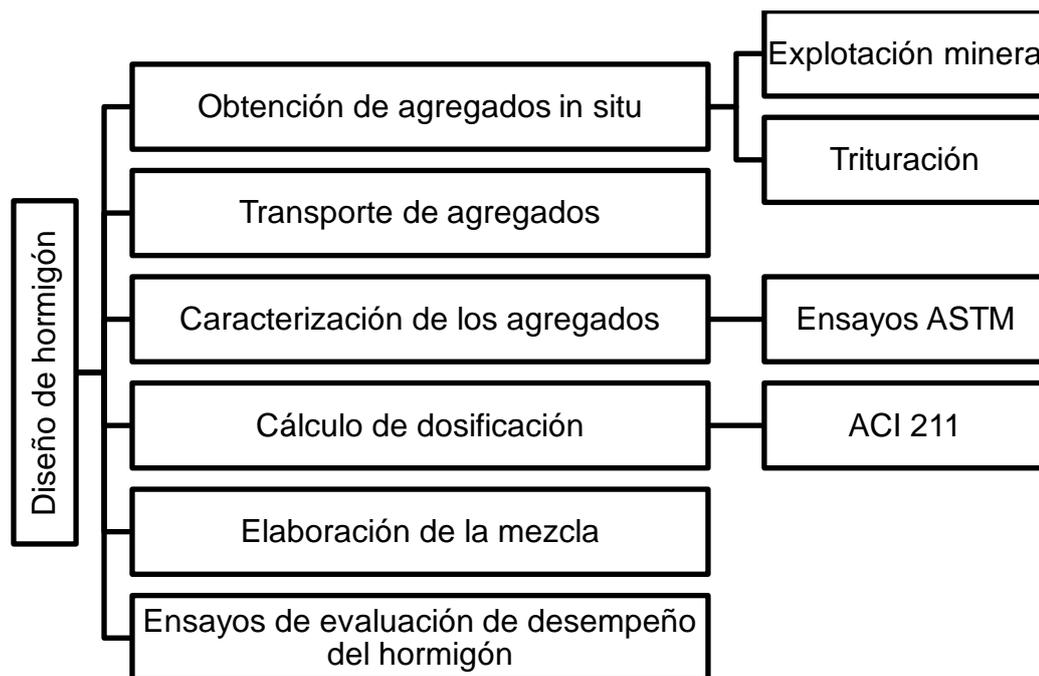


Ilustración 5.1.1 Estructura de desglose de trabajo del diseño de hormigón. (Paredes & Yáñez, 2023)

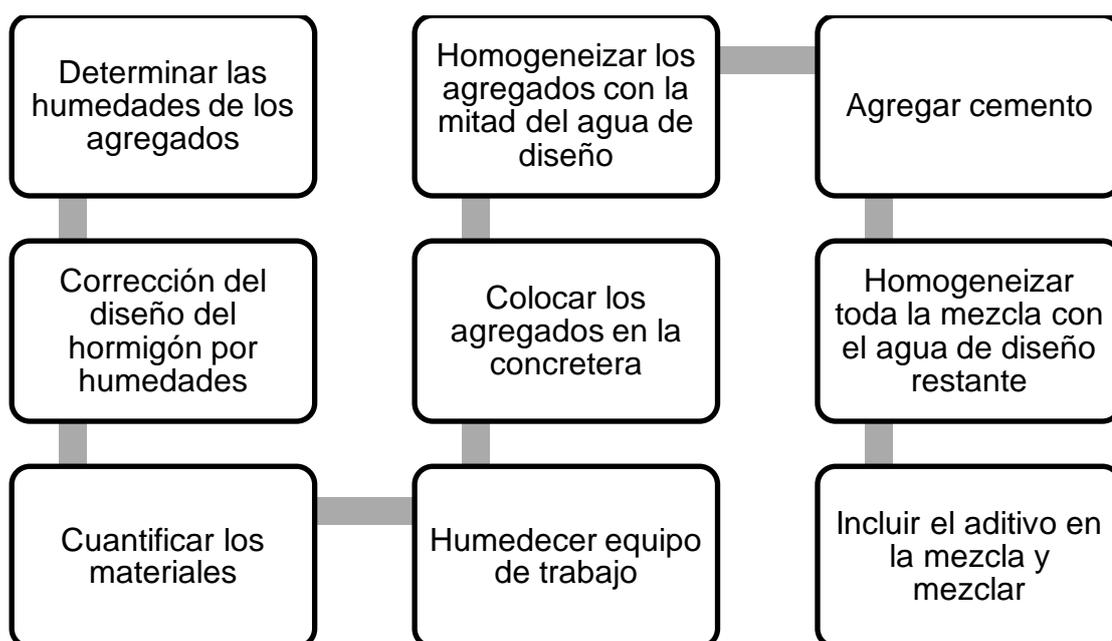


Ilustración 5.1.2 Estructura de desglose de trabajo de la elaboración de la mezcla de hormigón. (Paredes & Yáñez, 2023)

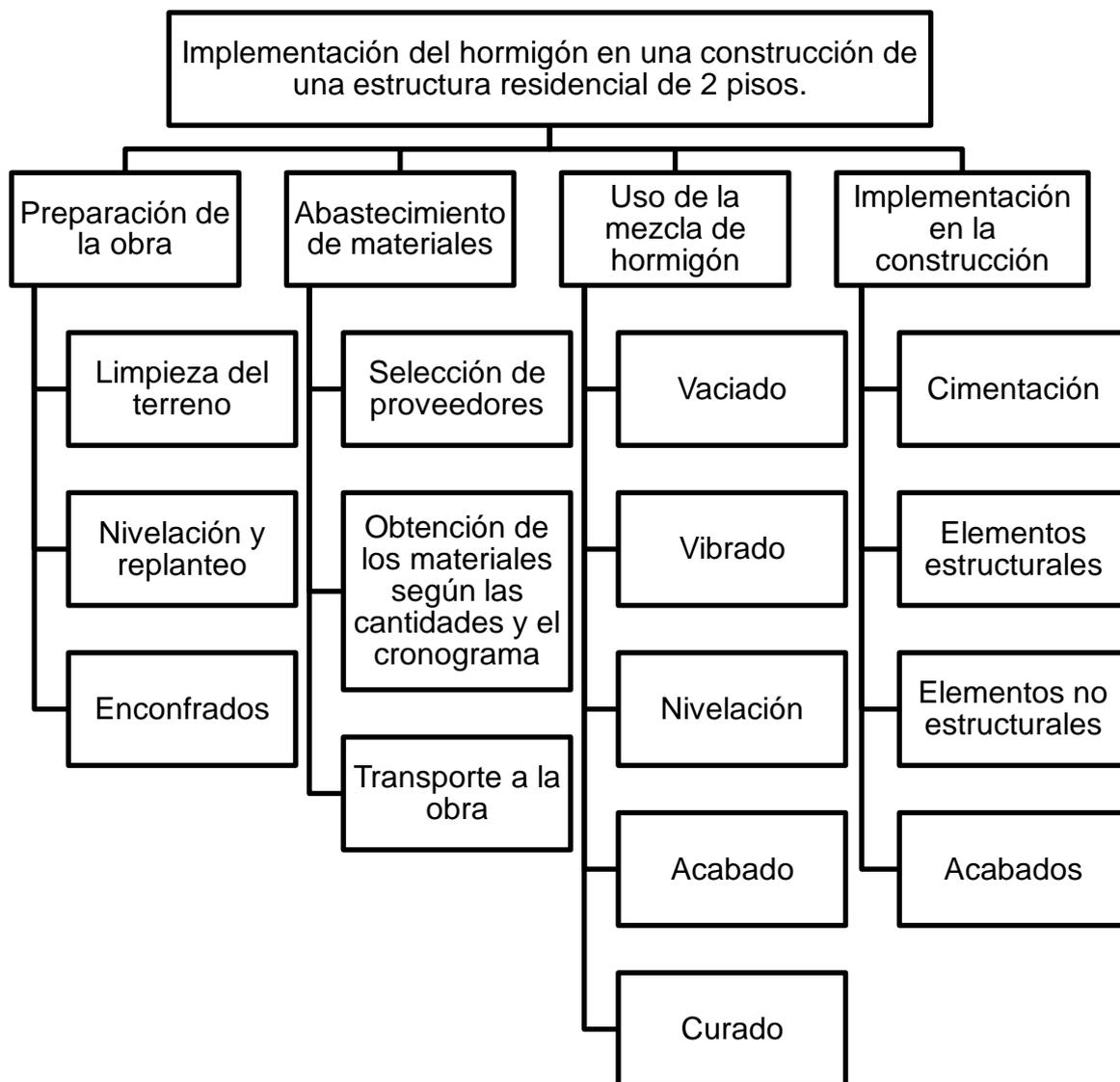


Ilustración 5.1.3 Estructura de desglose de trabajo de la Implementación del hormigón en una construcción de una estructura residencial de 2 pisos. (Paredes & Yáñez, 2023)

Debido al alcance del proyecto, la estructura de desglose de trabajo a implementar será el mostrado en la Ilustración 5.1.2 correspondiente a la elaboración de la mezcla de hormigón.

5.2. Rubros y análisis de precios unitarios

En la tabla 5.2.1 se presentan las distintas actividades que se deben realizar para la implementación del hormigón en obra, se consideran procesos previos al hormigonado debido a que son indispensables para su ejecución.

N° Rubro	Descripción del Rubro
1	Alquiler de equipos
2	Suministro de los materiales (Continente)
3	Suministro de los materiales (Interno)
4	Elaboración de hormigón
5	Control de calidad del hormigón
6	Curado del hormigón

Tabla 5.2.1 Rubros considerados para la elaboración del hormigón en obra (Paredes & Yáñez, 2023)

Rubro 1: Alquiler de equipos para realizar la elaboración de hormigón y todos los procesos que la misma conlleva, por ejemplo: vibrador, concreteira, etc.

Rubro 2: Se contempla la obtención de materiales para la elaboración de la mezcla de hormigón provenientes del continente que serán transportados por medio marítimo como lo es el cemento.

Rubro 3: Se contempla la obtención de materiales para la elaboración de la mezcla de hormigón que se encuentran internamente en las islas, por ejemplo, el agua y agregados.

Rubro 4: Se analiza el tiempo que le correspondería a un trabajador realizar de manera precisa la elaboración de la mezcla de hormigón en base a las especificaciones y cantidades solicitadas.

Rubro 5: Se realizan ensayos de control de calidad del hormigón con el objetivo de garantizar su cumplimiento con las especificaciones técnicas.

Rubro 6: La protección y curado del hormigón es esencial para su óptimo rendimiento, así se asegura que se encuentre en las condiciones adecuadas para cumplir con sus especificaciones.

Este proyecto compara la conveniencia económica de implementar agregados provenientes de la isla y del continente. Para el análisis del material importado de la costa Ecuatorial, se considera el promedio de las tres rutas presentadas en la tabla 5.2.2.

RUTA 1	Guayaquil-Puerto Baquerizo Moreno (Isla San Cristóbal).
RUTA 2	Guayaquil-Puerto Ayora (Isla Santa Cruz).
RUTA 3	Guayaquil-Puerto Villamil (Isla Isabela)- Puerto Velasco Ibarra (Isla Floreana).

Tabla 5.2.2 Rutas para transporte de materiales Guayaquil-Galápagos o viceversa (Vera Armijos Jorge, 2011)

El capítulo IV del Registro oficial No.386 (Vera Armijos Jorge, 2011) indica que el precio promedio entre las rutas para transportar materiales de construcción por tonelada es de 65.037USD, a este valor se le debe añadir el costo del material. Al analizar ambas metodologías en las tablas 5.2.3 y 5.2.4 se evidencia que obtener los materiales de sectores locales es más económico.

Material	Unidad	Cantidad	Precio	Precio por m ³
Árido Grueso	m3	8	\$225.00	\$28.125
Árido Fino	m3	8	\$115.42	\$14.428

Tabla 5.2.3 Análisis económico de la obtención de agregados provenientes de canteras locales (Paredes & Yánez, 2023)

Material	Unidad	Cantidad	Precio	Precio por m ³
Árido Grueso	m3	8	\$239.93	\$29.991
Árido Fino	m3	8	\$220.19	\$27.524

Tabla 5.2.4 Análisis económico de la obtención de agregados provenientes del continente (Paredes & Yánez, 2023)

Para el proyecto se realizó el análisis de precios unitarios correspondientes a la elaboración de la mezcla de hormigón.

MATERIALES							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	COSTO		
1	Holcim GU	Kg	380	0.34	\$129.20		
2	Agua Potable*	Kg	220	0.01	\$2.20		
3	Agregado Fino	Kg	666	0.01	\$6.66		
4	Agregado Grueso	Kg	667	0.016	\$10.67		
5	Plastificante 2 (0.26%)	Kg	0.99	1.5	\$1.49		
SUBTOTAL MATERIALES POR UN METRO CÚBICO					\$150.22		
EQUIPOS							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	CANTIDAD	TARIFA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO	
6	Mezcladora tipo trompo 9-11 ft3	1	\$15.00	\$15.00	0.3	\$4.50	
7	Vibrador de manguera	1	\$8.12	\$8.12	0.5	\$4.06	
8	Herramientas menores 5% M.O.					\$0.59	
SUBTOTAL EQUIPOS					\$9.15		
MANO DE OBRA							
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN RECURSO	U	CANTIDAD	JORNAL/HORA	COSTO/HORA	RENDIMIENTO	COSTO
9	Técnico inspector	HORA	1	\$3.85	\$3.85	0.9	\$3.47
10	Maestro de obra	HORA	1	\$3.25	\$3.25	0.9	\$2.93
11	Ayudante	HORA	2	\$3.00	\$6.00	0.9	\$5.40
SUBTOTAL MANO DE OBRA							\$11.79
TOTAL COSTO DIRECTO					\$171.16		
INDIRECTOS %					10.00%	\$17.12	
COSTO TOTAL DE LA ACTIVIDAD					\$188.27		

Tabla 5.2.5 Análisis de Precios Unitarios elaboración de la mezcla de hormigón (Paredes & Yánez, 2023)

La tabla 5.2.5 demuestra que realizar un metro cúbico de hormigón con la metodología y diseño propuesto tiene un precio de 188.27USD.

5.3. Descripción de cantidades de obra

La cuantificación de los materiales en obra fue realizada bajo los resultados demostrados en el capítulo 4 correspondiente al diseño del hormigón en base a la normativa ACI 211, esta cuantificación se hizo en relación con un metro cúbico de hormigón según el diseño tres.

Materiales		Diseño 1m ³ (SSS)	
		kg	m ³
Cemento	Holcim GU	380,00	0,133
Agua	Agua Potable*	220,00	0,220
A. Fino	Mina: Granillo Rojo	666,00	0,269
A. Grueso	Mina: Granillo Rojo	667,00	0,389
Aditivo 1	Plastificante 2 (0,26%)	0,99	0,001

Tabla 5.3.1 Cuantificación de los materiales a utilizar para el diseño del hormigón (Paredes & Yáñez, 2023)

CAPÍTULO 6

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

El proyecto comprueba la viabilidad de implementar agregados obtenidos en Galápagos. Los ensayos permitieron caracterizar los agregados obtenidos de las canteras y de esa manera conocer sus propiedades, las condiciones del árido grueso fueron: peso suelto de 1760 (kg/m³), peso compactado 1840 (kg/m³), porcentaje de humedad de 6.5, porcentaje de absorción de 10.10 y gravedad específica de 1714 (kg/m³); mientras que los resultados para el árido fino fueron: peso suelto de 1950 (kg/m³), peso compactado 2080 (kg/m³), porcentaje de humedad de 5.26, porcentaje de absorción de 8.60 y gravedad específica de 2478 (kg/m³). La caracterización dio paso a la obtención de la proporción de materiales a usarse para la mezcla final del hormigón, con ayuda de la normativa ACI 211 fue posible realizar tres diseños los cuales fueron luego sometidos a pruebas de compresión, en base a los resultados de las pruebas de resistencia y a análisis económicos, se eligió al diseño tres como la opción más factible a implementar (Tabla 3.1.9).

En base a los resultados obtenidos en la caracterización de los agregados y la elaboración de los distintos diseños de hormigón se determinó que los agregados locales del sector de Puerto Ayora cumplen satisfactoriamente con los requerimientos de diseño, evidenciándose en resultados de trabajabilidad y resistencia, es posible afirmar que pueden ser implementados en construcciones de viviendas de hasta dos pisos.

Por otra parte, el uso de agregados locales de las islas es un gran punto a favor con respecto a la gestión de los materiales para la producción del hormigón, debido a la reducción de costos que representa el disminuir el gasto en rubros de importación desde el continente. Además de ayudar al planeta, esta actividad promueve las distintas actividades que se realizan en las islas al mejorar los métodos constructivos que en un futuro serán parte de viviendas y establecimientos que fomentarán el desarrollo turístico, cultural y social del sector. Es necesario tener en cuenta la importancia del consumo responsable y el cuidado de los recursos para disminuir lo máximo posible el impacto ambiental siguiendo de la mano los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

6.2. Recomendaciones

Considerando que la producción de hormigón es un proceso que se ve alterado con diferentes factores es indispensable considerar cada uno de ellos y tratar de replicarlo lo más exacto posible al momento de generar un diseño que estandarice los procesos y cumpla con los requerimientos especificados en base a las necesidades de la obra, entre esos factores que inciden directamente en la calidad del hormigón se encuentra el agua, la cual debe ser analizada minuciosamente con respecto a sus parámetros físicos y químicos con la finalidad de conocer que va a aportar de manera positiva y negativa la mezcla, se recomienda utilizar, en la elaboración de los diseños y las mezclas, el tipo de agua con el que se ha trabajado posteriormente, comprobando si altera las características del hormigón. Además, es importante el análisis antes mencionado debía que, en base a los resultados, se deben tomar medidas precautelares con el objetivo de cuidar la calidad del hormigón según las condiciones a las que será expuesta la obra, en este caso es recomendable el uso de aditivos inhibidores de corrosión que eviten el daño de los demás componentes de la estructura como el acero de refuerzo en caso de ser hormigón armado.

Finalmente, se recomienda realizar el control de calidad de las muestras de hormigón tanto en estado fresco como endurecido en condiciones de obra, considerando las altas temperaturas y los estados irregulares de humedad, con la finalidad de ser más preciso en cuanto a la evaluación de desempeño del diseño a ejecutarse, así como el control de calidad de los aditivos a utilizar al momento de realizar la mezcla de hormigón.

BIBLIOGRAFÍA

Norma APA:

- ACI Committee, & International Organization for Standardization. (2008). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-08) and commentary. American Concrete Institute.
- Akbulut, H., Güner, C., & Çetin, S. (2011, May). Use of volcanic aggregates in asphalt pavement mixes. In Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport (Vol. 164, No. 2, pp. 111-123). Thomas Telford Ltd.
- Asitimbay S. A., & Fierro P. D. (2019). Manual de Laboratorio de Ensayo de Materiales Para la Construcción. Universidad Politécnica Salesiana
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C 127. (2001). Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C131. (2003). Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine. U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C136. (2014). Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates. U.S.A: American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C143. (2000). Standard test method for slump of hydraulic-cement concrete. U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C192. (2002). Standard practice for making and curing concrete test specimens in the laboratory. U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales ASTM C39. (1999). Standard test method for compressive Strength of Cylindrical concrete specimens. U.S.A.: American Society for Testing and Materials.
- Asociación Americana de Ensayo de Materiales. ASTM C 566. (2004). Standard Test Method for Total Evaporable Moisture Content of Aggregate by Drying. U.S.A.: American Society for Testing and Materials.

- Bagant Ecuatoriana (2023). CAJONETAS (PARIHUELAS) PARA CONCRETERA [Photograph]. Bagant. <https://www.bagant.com/index-mobile.php?idSeccion=121>
- Bucheli Mora, Leopoldo (2015). PLAN DE MOVILIDAD SUSTENTABLE DE SANTA CRUZ. STPDS 2012. 14-42.
- Ejiogu, I. K., Mamza, P. A. P., Nkeonye, P. O., & Yaro, S. A. (2020). Comparison of ACI, IS and DOE methods of concrete mix design. *Nigerian Journal of Engineering*, 27(1), 68-68.
- Dirección de Uso Público de la DPNG. (2022). Informe anual ingreso de visitantes a las áreas protegidas de Galápagos del año 2022. Galápagos - Ecuador.
- García-González, C., Yepes, J., & Franesqui, M. A. (2020). Geomechanical characterization of volcanic aggregates for paving construction applications and correlation with the rock properties. *Transportation Geotechnics*, 24, 100383.
- Google. (s.f.). [Santa Cruz, Puerto Ayora]. Recuperado el 20 de junio de 2023 de <https://goo.gl/maps/c9rdBAAdTLGnGFeq6>
- Gutiérrez de López, L. (2003). El concreto y otros materiales para la construcción. Universidad Nacional de Colombia
- INEC. (2010). Resultados del Censo 2010 de la población y vivienda en el Ecuador "Fascículo Provincial de Galapagos". INEC.
- INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. (2012). Islas Galápagos. IGEPN.
- Játiva, A., Ruales, E., & Etxeberria, M. (2021). Volcanic ash as a sustainable binder material: An extensive review. *Materials*, 14(5), 1302.
- López V., (2013). Estudio y evaluación de impacto ambiental en Ingeniería Civil. Editorial Club Universitario: Alicante.
- Mamlouk, M. S., & Zaniewski, J. P. (2006). *Materials for civil and construction engineers*. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson Prentice Hall.
- Miguel. U. Q. D. (2022) ANÁLISIS MULTITEMPORAL DE CAMBIOS DE USO DEL SUELO EN LA ISLA DE SANTA CRUZ GALÁPAGOS DE 1991, 1993, 2009, 2010, 2017, 2019 Y 2020 MEDIANTE SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRÁFICA (Doctoral dissertation. UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR)
- Naciones Unidas (2018), La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe (LC/G. 2681-P/Rev. 3), Santiago.
- Neville, A. M. (1995). *Properties of concrete* (Vol. 4, p. 1995). London: Longman.

- Norma técnica ecuatoriana INEN 1573. (2010). Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de la resistencia a la compresión de especímenes cilíndricos de hormigón de cemento hidráulico. Quito-Ecuador: Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 1578. (2010). Hormigón de cemento hidráulico – Determinación de Asentamiento. Quito-Ecuador: Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). Hormigón y áridos para elaborar hormigón. Terminología. Quito-Ecuador: Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 694. (2010). Hormigón y áridos para elaborar hormigón. terminología. Quito, Ecuador: Primera edición. Norma Técnica ecuatoriana INEN 695. (2010). Árido y Muestreo. Quito, Ecuador: Primera edición.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 856. (2010). Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido fino. Quito Ecuador: Primera revisión.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 857. (2010). Determinación de la densidad, densidad relativa (gravedad específica) y absorción del árido grueso. Quito Ecuador: Primera revisión.
- Norma técnica ecuatoriana INEN 860. (2010). Determinación del valor de la degradación del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles. Quito-Ecuador: Primera edición.
- Páez, F. J. D. (2005). Los campos volcánicos basálticos monogénicos de la isla de Tenerife (Canarias, España). *Estudios Geográficos*, 66(259), 461-480.
- Robertson, K., Flórez, A., & Ceballos, J. L. (2002). Geomorfología volcánica, actividad reciente y clasificación en Colombia. *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 11(1-2), 37- 76.
- Salcedo Andrade, R. A. (2008). Galápagos: Conflictos en el paraíso.
- Sánchez de Guzmán, Diego. (2010). Tecnología del concreto: Materiales, propiedades y diseño de mezclas. Asocreto. Bogotá-Colombia: Nomos Impresores.
- SIMONNET, C. Hormigón. Historia de un material. Economía, técnica, arquitectura. Editorial Nerea, San Sebastián, 2009.
- SNELL, H. L., AND S. REA. 1999. El Nino 1997-1998 en Galápagos: ¿Se puede estimar 120 años de variaciones climáticas con estadísticas de 34? In P. Ospina and M. E. [eds.], Informe Galápagos 1998 - 1999, 65-71. Fundación Natura, Quito, Ecuador.

UNESCO. (1978). Declaración Patrimonio Natural de la Humanidad de las Islas Galápagos. UNESCO.

Vera Armijos J. (2011). REGISTRO OFICIAL No.386 (No. SPTMF 009/11). Ministerio De Transporte Y Obras Públicas y Subsecretario de Puertos y Transporte Marítimo y Fluvial.

ANEXOS

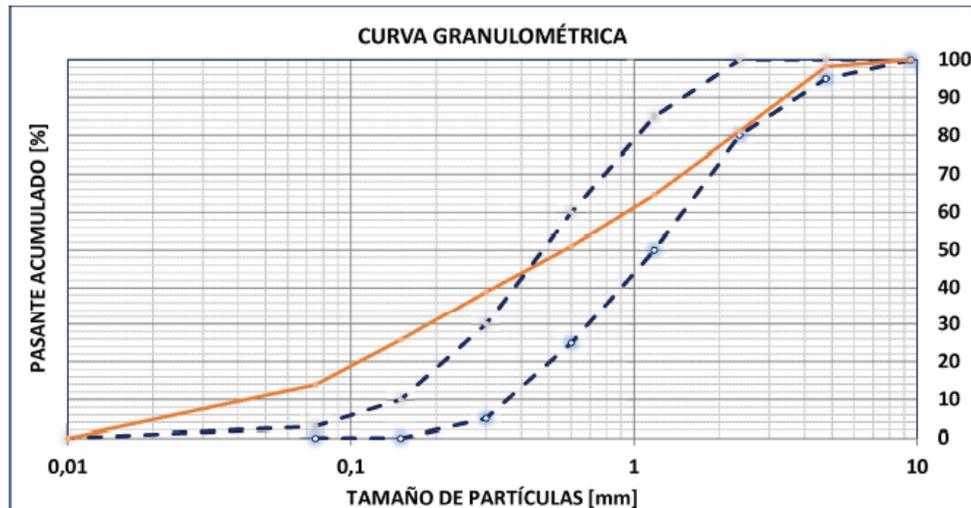
	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM C136 / NTE INEN 696		
Cliente: GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ Dirección: GUAYAS - ECUADOR Proyecto: CARACTERIZACIÓN AGREGADOS	Fecha de Pedido: viernes, 24 de febrero de 2023 Fecha de entrega: lunes, 12 de junio de 2023 Fecha de ensayo: lunes, 8 de mayo de 2023		
Identificación de la muestra			
Identificación:	Agregado Fino	Código:	18
Fuente:	Proyecto Galápagos - Espol		
Ubicación de la cantera:	Conos Volcánicos - Santa Cruz		
Fecha de muestreo:	viernes, 24 de febrero de 2023		
Muestreado por:	Josué Paredes		

Masa Inicial: 300,05 gr

Tamiz	Tamiz (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulado	Peso Pasante Acumulad	Limites
3/8"	9,50	0,00	0,00	0,00	100,00	100
No 4	4,75	5,36	1,79	1,79	98,21	95-100
No 8	2,36	51,11	17,06	18,85	81,15	80-100
No16	1,18	49,36	16,48	35,33	64,67	50-85
No 30	0,60	40,86	13,64	48,97	51,03	25-60
No 50	0,30	36,60	12,22	61,19	38,81	5-30
No 100	0,15	38,92	12,99	74,18	25,82	0-10
No 200	0,08	35,68	11,91	86,10	13,90	-
FONDO	0,01	41,65	13,90	100,00	0,00	-
Total		299,54	100,00			

Masa final: 299,54 gr
 Módulo de Finura: 2,40

Validez (%): 0,17 **VÁLIDO**



Solicitante: **GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ** Fecha de solicitud: **lunes, 3 de abril de 2023**
 Dirección: **GUAYAS - ECUADOR** Fecha de entrega: **lunes, 12 de junio de 2023**
 Proyecto: **CARACTERIZACIÓN AGREGADOS** Fecha de ensayo: **lunes, 8 de mayo de 2023**

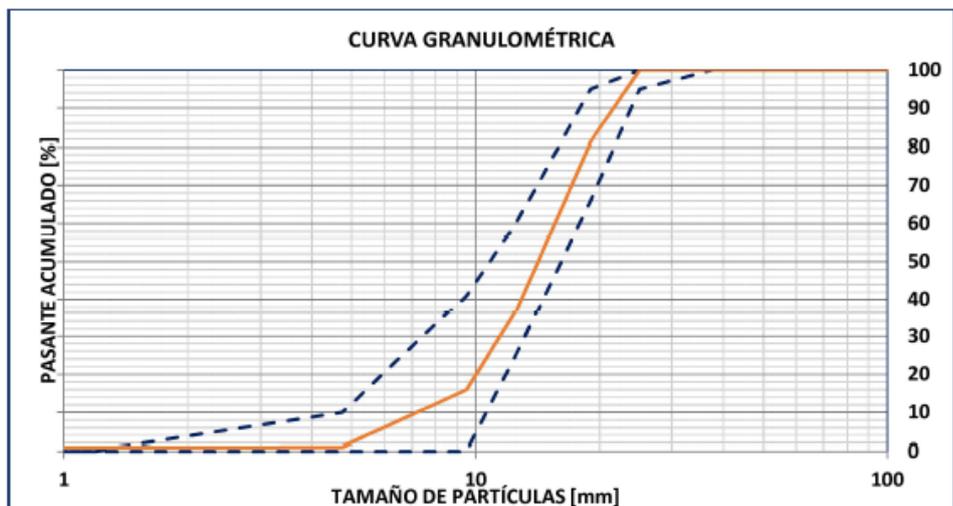
Identificación de la muestra

Identificación:	Ripio 3/4	Código:	25
Huso:	57		
Cantera:	Proyecto Galápagos		
Ubicación de la cantera:	Conos Volcánicos - Galápagos - Santa Cruz		
Fecha de muestreo:	viernes, 24 de febrero de 2023		
Muestreado por:	Josué Paredes		

Masa Inicial: 3000 gr

Tamiz	Tamiz (mm)	Peso Retenido (gr)	Peso Retenido (%)	Peso Retenido Acumulad	Peso Pasante Acumulad	Límites
2"	50,8	0	0,0	0,0	100,0	-
1 1/2"	38,1	0	0,0	0,0	100,0	100
1"	25,4	0	0,0	0,0	100,0	95-100
3/4"	19	565	18,8	18,8	81,2	-
1/2"	12,5	1340	44,5	63,3	36,7	25-60
3/8"	9,5	625	20,8	84,1	15,9	-
No. 4	4,76	445	14,8	98,8	1,2	0-10
No. 8	2,38	5	0,2	99,0	1,0	0-5
No. 16	1,18	0	0,0	99,0	1,0	-
FONDO	0,01	30	1,0	100,0	0,0	
Total		3010	100,00			

Masa final: 3010,0 gr Validez (%) -0,33 **VÁLIDO**
 Módulo de Finura: 7,00



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO Y COMPACTADO

ASTM C29 / NTE INEN 858

Solicitante: GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ

Fecha de Pedido: lunes, 3 de abril de 2023

Dirección: GUAYAS - ECUADOR

Fecha de entrega: lunes, 12 de junio de 2023

Proyecto: CARACTERIZACIÓN AGREGADOS

Fecha de ensayo: lunes, 8 de mayo de 2023

Identificación de la muestra

Identificación:	Arena Natural	Código:	17
Cantera:	Proyecto Galápagos - Espol		
Ubicación de la cantera:	Conos Volcánicos - Santa Cruz		
Fecha de muestreo:	viernes, 24 de febrero de 2023		
Muestreado por:	Josué Paredes		

PESO VOLUMETRICO SUELTO

Masa del recipiente:	1578	gr
Volumen del Recipiente (B)	2868	cm ³
Masa1 del recipiente + agregado (M1):	7164,00	gr
Masa2 del recipiente + agregado (M2):	7164,00	gr
Masa3 del recipiente + agregado (M3):	7194,0	gr
Promedio (A)	7174,00	gr

Peso volumétrico suelto del agregado (PVS)

PVS= Masa del agregado sin varillar/Vol. del recipiente

$$PVS = \frac{A}{B} = 1,95 \text{ gr/cm}^3$$

PESO VOLUMETRICO COMPACTADO

Masa del recipiente:	1578	gr
B Volumen del Recipiente:	2868	cm ³
Masa1 del recipiente + agregado (M1):	7568,00	gr
Masa2 del recipiente + agregado (M2):	7538,00	gr
Masa3 del recipiente + agregado (M3):	7554,0	gr
C Promedio	7553,33	gr

Peso volumétrico suelto del agregado (PVS)

PVS= Masa del agregado varillado/Vol. del recipiente

$$PVC = \frac{C}{B} = 2,08 \text{ gr/cm}^3$$

Solicitante: **GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ** Fecha de Pedido: **lunes, 3 de abril de 2023**
 Dirección: **GUAYAS - ECUADOR** Fecha de entrega: **lunes, 12 de junio de 2023**
 Proyecto: **CARACTERIZACIÓN AGREGADOS** Fecha de ensayo: **lunes, 8 de mayo de 2023**

Identificación de la muestra

Identificación:	Ripio 3/4	Código:	25
Huso:	56		
Cantera:	Granillo Rojo		
Ubicación de la cantera:	Conos Volcánicos - Galápagos - Santa Cruz		
Fecha de muestreo:	viernes, 24 de febrero de 2023		
Muestreado por:	Josué Paredes		

PESO VOLUMÉTRICO SUELTO

Masa del recipiente: 4894 gr
 Volumen del Recipiente (B) 9455 cm³

Masa1 del recipiente + agregado (M1): 24666,00 gr
 Masa2 del recipiente + agregado (M2): 24620,00 gr
 Masa3 del recipiente + agregado (M3): 24666,0 gr
 Promedio (A) 24650,67 gr

Peso volumétrico suelto del agregado (PVS)

PVS= Masa del agregado sin varillar/Vol. del recipiente

$$PVS = \frac{A}{B} = 2,09 \text{ gr/cm}^3$$

PESO VOLUMÉTRICO COMPACTADO

Masa del recipiente: 4894 gr
B Volumen del Recipiente: 9455 cm³

Masa1 del recipiente + agregado (M1): 25340,00 gr
 Masa2 del recipiente + agregado (M2): 25424,00 gr
 Masa3 del recipiente + agregado (M3): 25362,0 gr
C Promedio 25375,33 gr

Peso volumétrico compactado del agregado (PVC)

PVC= Masa del agregado varillado/Vol. del recipiente

$$PVC = \frac{C}{B} = 2,17 \text{ gr/cm}^3$$

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS DE LA TIERRA

ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES

ASTM C - 131

Solicitante: **GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ** Fecha de Pedido: **lunes, 3 de abril de 2023**
Dirección: **GUAYAS - ECUADOR** Fecha de entrega: **lunes, 12 de junio de 2023**
Proyecto: **CARACTERIZACIÓN AGREGADOS** Fecha de ensayo: **lunes, 8 de mayo de 2023**

Identificación de la muestra

Identificación:	Agregado Fino	Código:	18
Cantera:	Proyecto Galápagos - Espol		
Ubicación de la cantera:	Conos Volcánicos - Santa Cruz		
Fecha de muestreo:	viernes, 24 de febrero de 2023		
Muestreado por:	Josué Paredes		

ABRASIÓN DE LOS ANGELES

GRADACIÓN DEL MATERIAL

Tamaño del tamiz			Masa de la carga			
No.	Pasa	Retiene	GRADACIÓN			
			A	B	C	D
1	1 1/2"	1"	1250+-25	-	-	-
2	1"	3/4"	1250+-25	-	-	-
3	3/4"	1/2"	1250+-10	2500+-10	-	-
4	1/2"	3/8"	1250+-10	2500+-10	-	-
5	3/8"	1/4"	-	-	2500+-10	-
6	1/4"	No.4	-	-	2500+-10	-
	No.4	No.8	-	-	-	5000+-10
Total			5000+-10	5000+-10	5000+-10	5000+-10

DETERMINACIÓN DEL DESGASTE

Gradación tipo:	A
Masa inicial (g):	4996
Masa final (g):	4048
Porcentaje de desgaste:	19%

OBRA:	PROYECTO AGREGADOS DE GALÁPAGOS	ORDEN N°:	00000001
SOLICITA:	GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ	HOLA:	1 DE 1
PRUEBA:	PRUEBA DE DISEÑO	FECHA DE SOLICITUD:	19/4/2023
LOCALIZACIÓN:	SECTOR PUERTO AYORA	FECHA DE EMISIÓN:	20/4/2023

Prueba No.	Identificación	Fecha de molde / fundición	Fecha de ensayo	Edad días	Resistencia requerida / diseño kg/cm ²	Diámetro promedio mm	Altura promedio mm	Área mm ²	Volumen m ³	Peso kg	Densidad kg/m ³	Carga Máxima KN	Resistencia kg/cm ²	Resistencia MPa	%f'c	Tipo de rotura
1	CVG061301	13/6/2023	16/6/2023	3	210	100	200	7854	0,0016	3,33	2120	67,9	88,2	8,6	42%	T5
2	CVG061301	13/6/2023	20/6/2023	7	210	100	200	7854	0,0016	3,77	2400	158,1	205,3	20,1	98%	T5
3	CVG061301	13/6/2023	11/7/2023	28	210	100	200	7854	0,0016	3,74	2380	170,2	221,0	21,7	105%	T5



TIPO DE ROTURA	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7

Observaciones: *Se emplea refrentado no adherido.

OBRA:	PROYECTO AGREGADOS DE GALÁPAGOS	ORDEN N°:	00000001
SOLICITA:	GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ	HOJA:	1 DE 1
PRUEBA:	PRUEBA DE DISEÑO	FECHA DE SOLICITUD:	23/6/2023
LOCALIZACIÓN:	SECTOR PUERTO AYORA	FECHA DE EMISION:	16/7/2023

Probeta No.	Identificación	Fecha de moldeo / fundición	Fecha de ensayo	Edad dias	Resistencia requerida / diseño kg/cm ²	Diámetro promedio mm	Altura Promedio mm	Área mm ²	Volumen m ³	Peso kg	Densidad kg/m ³	Carga Máxima KN	Resistencia kg/cm ²	Resistencia MPa	%f'c %	Tipo de rotura
1	CVG062301	23/6/2023	26/6/2023	3	210	100	200	7854	0,0016	3,45	2200	65,9	85,6	8,4	41%	TS
2	CVG062301	23/6/2023	30/6/2023	7	210	100	200	7854	0,0016	3,72	2370	149,3	193,9	19,0	92%	TS
3	CVG062301	23/6/2023	21/7/2023	28	210	100	200	7854	0,0016	3,85	2450	159,8	207,5	20,3	99%	TS

Probeta No. 1



Probeta No. 2



Probeta No. 3



TIPO DE ROTURA							
Observaciones:	*Se emplea refrentado no adherido.						

OBRA:	PROYECTO AGREGADOS DE GALÁPAGOS	ORDEN N°:	00000001
SOLICITA:	GAD MUNICIPAL SANTA CRUZ	HOJA:	1 DE 1
PRUEBA:	PRUEBA DE DISEÑO	FECHA DE SOLICITUD:	10/7/2023
LOCALIZACIÓN:	SECTOR PUERTO AYORA	FECHA DE EMISION:	16/7/2023

Probeta No.	Identificación	Fecha de moldeo / fundición	Fecha de ensayo	Edad dias	Resistencia requerida / diseño kg/cm ²	Díametro promedio mm	Altura Promedio mm	Área mm ²	Volumen m ³	Peso kg	Densidad kg/m ³	Carga Máxima KN	Resistencia kg/cm ²	Resistencia MPa	%f'c %	Tipo de rotura
1	CVG071001	10/7/2023	13/7/2023	3	210	100	200	7854	0,0016	3,58	2280	68,7	89,3	8,8	43%	TS
2	CVG071001	10/7/2023	17/7/2023	7	210	100	200	7854	0,0016	3,78	2410	106,2	137,9	13,5	66%	TS
3	CVG071001	10/7/2023	7/8/2023	28	210	100	200	7854	0,0016	3,78	2410	166,6	216,3	21,2	103%	TS

Probeta No. 1

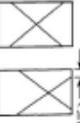


Probeta No. 2



Probeta No. 3



TIPO DE ROTURA							
Observaciones:	*Se emplea refrentado no adherido.						

Código de Prueba	Asentamiento inicial [cm]	Asentamiento 30 minutos [cm]	Asentamiento 60 minutos [cm]	Observaciones
CVG061301	24,0	22,0	19,5	Fraguado tardío
CVG062301	22,0	19,5	17,0	Fraguado tardío
CVG071001	18,0	17,0	15,0	Buen fraguado y cohesión en la mezcla

GRÁFICA ASENTAMIENTO VS. TIEMPO

