

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
SECCIÓN DE INGENIERIA CIVIL



CURSO DE PREESPECIALIZACIÓN:
GESTION DE LA TECNOLOGIA EN LA CONSTRUCCIÓN

TÍTULO DEL ENSAYO:

Estudio Comparativo Entre Una Obra Supervisada Y Una Obra Sin
Supervisión En Cimentaciones

Comparative Study Between A Supervised Work And
Unsupervised Work In Foundations

PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:
INGENIERO CIVIL

PRESENTADO POR:

MACHADO BENAVIDES, OSMAR DE JESUS. CARNÉT: MB16014
OCHOA MENDEZ, TATIANA LISSETH. CARNÉT: OM16015
PEREIRA BATRES, ARQUIMIDES JOSUE. CARNÉT: PB15010

DOCENTE ASESOR:

ING. DAVID ARNOLDO CHAVEZ SARAVIA

NIOVIEMBRE DE 2023, SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

RESUMEN.

En el Salvador, la construcción está llena de mano de obra empírica, numerosos proyectos son ejecutados por constructores que replican sus experiencias en proyectos pasados, que, aunque muchas veces funciona para terminar la obra, es bien sabido que cada proyecto tiene sus solicitudes específicas y deben ser atendidas en función de sus características. El presente ensayo tiene por objeto comparar los resultados que muestra una obra civil que tiene supervisión, con obras que no han tenido supervisión alguna, con un enfoque especial en la parte de cimentaciones, que son la base donde se estabilizan las edificaciones y que, por ello, es de suma importancia que el proceso constructivo de las mismas se realice de la mejor manera y su resultado final sea de buena calidad. Se presentarán argumentos clave, que contrasten las distintas opiniones que se han podido recopilar a través de entrevistas, investigación documental, y conocimiento adquirido a lo largo del curso de pre especialización de este año 2023. A su vez, se muestra el impacto positivo que puede generar en la construcción de cimentaciones, la supervisión por parte de un profesional capaz, y como esta marca una diferencia significativa en relación a las construcciones que no incluyen supervisión. Se presentan ventajas en materia de costos económicos y tiempo, y al mismo tiempo se contrastan con las desventajas que se presentan al no incluir supervisión durante la ejecución de la obra. Y se incluyen funciones básicas que le corresponden a un supervisor de obra durante su ejecución.

Palabras claves: **Supervisión, Cimentaciones, Comparación, Obra civil, Calidad de la obra.**

SUMMARY.

In El Salvador, construction is predominantly carried out by empirical labor, with numerous projects being executed by empirical builders who replicate their experiences from past projects. Although this approach often succeeds in completing the construction, it is well-known that each project has specific requirements that must be addressed based on its characteristics. This essay aims to compare the outcomes of a civil construction project that undergoes supervision with those that lack any form of oversight, with a particular focus on foundations—the crucial element stabilizing structures. Therefore, it is of paramount importance that the construction process for foundations is executed effectively, ensuring a high-quality final result.

Key arguments will be presented, contrasting various opinions gathered through interviews, documentary research, and knowledge acquired during the pre-specialization course in the year 2023. The essay highlights the positive impact that professional supervision can have on foundation construction, making a significant difference compared to constructions without supervision. Advantages in terms of economic costs and time are presented and juxtaposed with the disadvantages associated with the absence of supervision during construction. Additionally, basic functions of a construction supervisor during project execution are included.

Keywords: **Supervision, Foundations, Comparison, Civil Construction, Quality of Work.**

Contenido

1.0	INTRODUCCIÓN	1
2.0	DESARROLLO	2
2.1	Cimentaciones	2
2.2	Importancia de una buena cimentación	3
2.3	Tipos de cimentaciones	4
2.4	Cimentaciones directas o superficiales	5
2.4.1	Tipos de cimentaciones superficiales	6
2.5	Proceso constructivo de una cimentación	8
2.5.1	Consideraciones en el proceso constructivo de una cimentación	11
2.6	Riesgos en el proceso constructivo de una cimentación	13
2.7	Supervisión de cimentaciones	15
2.7.1	Aspectos clave de la supervisión de cimentaciones	16
2.7.2	Ventajas de la supervisión de cimentaciones en términos de costos y plazos	18
2.7.3	Requisitos debe un profesional supervisor	20
2.7.4	Supervisión de obras en El Salvador	23
2.7.5	¿Qué hacer durante la ejecución de la obra?	24
2.7.6	¿Qué se debe supervisar durante la ejecución de la obra?	26
2.8	Seguridad industrial de una obra civil	30
2.8.6	Seguridad industrial en la construcción de una cimentación	33
2.8.7	Principios y prácticas esenciales de la seguridad industrial en cimentaciones	34
2.8.8	Función del supervisor en la seguridad industrial de un proyecto	36
2.8.9	Qué debe hacer un supervisor al ocurrir un accidente laboral	37
3.0	CONCLUSIÓN	39
4.0	LISTA DE REFERENCIAS	41
5.0	BIBLIOGRAFÍA	42

1.0 INTRODUCCIÓN.

Las distintas ciudades del mundo emplean diversas técnicas y métodos para construir, la ciudades de la zona oriental de El Salvador, al igual que el resto del país se enfrenta a un desafío en su desarrollo constructivo cuando de construir cimentaciones de calidad se trata, ya que no es una partida que pueda tomarse a la ligera o donde se puedan sacrificar recursos, puesto que esto requiere la experiencia de profesionales capacitados para el diseño y supervisión de dichos elementos, así como mano de obra calificada que garantice la correcta construcción de los mismos y la seguridad de los trabajadores y los usuarios de la edificación. Estas cimentaciones, que incluyen zapatas, losas y soleras de fundación, son fundamentales para la seguridad y estabilidad de cualquier edificación. La calidad de estas cimentaciones influye de manera directa en el rendimiento y la durabilidad de la obra. Este estudio se centra en la investigación de cómo se realiza el proceso constructivo de cimentaciones superficiales en los cuatro departamentos que componen la zona oriental del país y busca identificar deficiencias que puedan solucionarse con la supervisión. Aplicando una metodología basada en entrevistas a profesionales con experiencia en construcción, nuestro objetivo principal es demostrar que aplicar una supervisión adecuada en los procesos constructivos vigentes en la ciudad marca una diferencia sobre la calidad de la obra entre las cimentaciones que no han sido supervisadas.

La necesidad de una supervisión adecuada no está limitada por el tamaño o la escala del proyecto. Los riesgos asociados a una supervisión inadecuada pueden llevar a problemas costosos y peligrosos en cualquier proyecto de construcción que involucre cimentaciones superficiales.

A lo largo de este estudio, se ha examinado la experiencia y el conocimiento de profesionales que son pioneros de la construcción y que han trabajado en muchos proyectos en todo el país, incluyendo la zona oriental, a través de entrevistas profundas con las cuales se pudo recopilar información directa, verídica y actualizada acerca de los procesos constructivos de cimentaciones superficiales a lo largo de la zona oriental del país. Así mismo se presentará la metodología con la que fue elaborado este trabajo, incluyendo información conceptual, referencias y autorías intelectuales, esquemas, entre otros elementos que estructuran la sección principal del ensayo y que facilitan la comprensión del mismo.

2.0 DESARROLLO.

2.1 Cimentaciones

Se denomina cimentación al conjunto de elementos estructurales de una estructura cuya misión es transmitir sus cargas o elementos apoyados en ella al suelo, distribuyéndolas de forma que no superen su presión admisible ni produzcan cargas zonales. ⁽¹⁾

Las cimentaciones son los elementos estructurales que darán el soporte a la edificación. Los elementos estructurales son los que ayudan a dar rigidez a una construcción haciendo así que todas las cargas y fuerzas a la que es sometida la edificación, se distribuyan en cada uno de ellos, especialmente en la cimentación ya que es la que soportará todo el peso de la estructura para luego transmitirlo al suelo.

La cimentación es un componente esencial en cualquier estructura, ya que desempeña el papel crucial de transmitir las cargas y fuerzas inherentes a la edificación desde la estructura misma hacia el suelo subyacente. Este conjunto de elementos estructurales se diseña con el objetivo de distribuir estas cargas de manera uniforme para evitar que la presión ejercida sobre el suelo exceda su capacidad admisible. Además, se busca prevenir la generación de cargas zonales, lo que implica que no se deben concentrar excesivamente en áreas específicas.

En términos más simples, la cimentación actúa como un puente entre la estructura construida y el suelo, asegurando que la carga se distribuya de manera equitativa para evitar daños tanto a la edificación como al terreno circundante. La presión admisible del suelo es un límite crítico que se debe tener en cuenta durante el diseño de la cimentación, ya que superar este límite podría resultar en un hundimiento o falla estructural.

2.2 Importancia de una buena cimentación

La importancia de una buena cimentación en una estructura es fundamental y puede ser equiparada a los cimientos sólidos de un edificio. Aquí hay algunas razones clave por las que la cimentación es crucial:

- **Estabilidad Estructural:**

La cimentación proporciona estabilidad a toda la estructura. Un cimiento deficiente podría dar lugar a asentamientos desiguales, inclinación o incluso colapsos.

- **Distribución de Cargas:**

Distribuye las cargas de la estructura de manera uniforme al suelo subyacente. Esto es esencial para evitar la concentración excesiva de presión en áreas específicas, lo que podría debilitar el suelo y provocar hundimientos.

- **Prevención de Asentamientos:**

Evita asentamientos diferenciales. Esto es esencial para mantener la integridad y nivelación de la construcción.

- **Protección Contra Movimientos del Suelo:**

Resiste movimientos del suelo, como la expansión y contracción del mismo debido a variaciones climáticas, previniendo daños estructurales.

- **Capacidad de Carga:**

Garantiza que la capacidad de carga del suelo no sea superada, evitando así deformaciones excesivas o fallos catastróficos.

- **Durabilidad a Largo Plazo:**

Contribuye a la durabilidad a largo plazo de la estructura. Un cimiento bien diseñado y construido puede ayudar a prevenir problemas a lo largo del tiempo, asegurando la resistencia estructural continua.

- **Adaptabilidad al Tipo de Suelo:**

La elección de un tipo de cimentación adecuado para el tipo de suelo es esencial. Algunos suelos requieren cimentaciones específicas para garantizar la estabilidad.

- **Seguridad del Usuario:**

Una cimentación sólida es esencial para la seguridad de quienes ocupan o utilizan la estructura. Evita riesgos asociados con hundimientos, inclinaciones o colapsos inesperados.

En resumen, una buena cimentación es crucial para la seguridad, estabilidad y durabilidad de cualquier estructura. Invertir en un diseño y construcción adecuados de la cimentación desde el principio puede prevenir una serie de problemas a lo largo de la vida útil de la edificación.

2.3 Tipos de cimentaciones

El tipo de cimentación dependerá del comportamiento del suelo donde se vaya realizar la edificación, la utilidad del edificio o la posibilidad de remodelaciones a futuro. Existen diferentes tipos de cimentaciones adaptándose a las circunstancias del terreno y la elección de uno sobre otro depende de factores como las características del suelo, la carga que soportará la estructura, las condiciones climáticas y las preferencias de diseño. Aquí te presento algunos tipos comunes de cimentaciones:

- **Cimentaciones profundas o por pozos:** que son mayormente utilizados en terrenos donde el suelo es arenoso e inestable.

- **fundaciones hidráulicas:** que se construyen en terrenos inundados o con alto nivel freático y en el proyecto se ven obligados a construir con en bases a las únicas dos alternativas que serían sacar el agua u operar con ella.
- **Cimentaciones por consolidación:** es el tipo de cimentación que se encarga de mejorar por medios artificiales las condiciones del terreno para sentar sobre él algunas de las cimentaciones.

En El Salvador debido al tipo de suelos y el hecho de ser un país con zonas altamente sísmicas, se utilizan mayormente dos sistemas de cimentaciones:

- **Cimentaciones indirectas o también llamadas profundas:** consisten en un sistema de pilotaje, son utilizados en lugares donde se necesita llegar a una profundidad mayor para encontrar la estabilidad necesaria de la estructura.
- **Cimentaciones directas o superficiales:** son las que se encuentran constituidas a poca profundidad. Son capaces de transmitir la carga al suelo ubicadas a poca profundidad.

La elección del tipo de cimentación dependerá de diversos factores, y a menudo se realiza después de un análisis detallado del suelo y las condiciones locales por parte de ingenieros estructurales. Cada tipo de cimentación tiene sus propias ventajas y limitaciones, y la elección adecuada es esencial para garantizar la estabilidad y durabilidad de la estructura a lo largo del tiempo.

2.4 Cimentaciones directas o superficiales

Dentro de la ingeniería civil, existen diversas técnicas y tipos de cimentaciones, cada una adaptada a las características específicas del suelo y los requisitos de carga de la estructura. Estos pueden incluir cimientos superficiales, como zapatas o losas, que se utilizan cuando el suelo superficial es lo suficientemente resistente, o cimientos profundos, como pilotes, que se emplean cuando es necesario llegar a capas más estables del suelo.

Las cimentaciones superficiales son más económicas y fáciles de construir en comparación con las cimentaciones profundas, como las pilotes o micro pilotes, que se utilizan en suelos menos estables

o cuando es necesario llevar las cargas a capas más profundas del suelo. La elección del tipo de cimentación depende de las características del suelo, el peso de la estructura y otros factores geotécnicos y de diseño. Es importante realizar estudios de suelo para determinar la idoneidad de una cimentación superficial en un proyecto de construcción específico.

Todos los proyectos de construcción están íntimamente ligados con el suelo, sus condiciones y características, porque será la base sobre la cual se cargará toda edificación, por eso razón es importante realizar un buen estudio de suelos y conocer su capacidad de carga para realizar un buen diseño de cimentación.

“Los principales riesgos o desafíos pueden ser con respecto a la calidad o tipo de suelo o cómo responderá el suelo en el momento de hacer la cimentación, obviamente se puede decir que para el diseño de la cimentación tuvo que haberse un estudio de suelos bien calificado y con valores realistas, disminuyendo los valores de riesgos, pero si no se hizo un estudio de suelos y se construyó al azar la cimentación”. - Castro (2023).

En El Salvador se presentan variedad de suelos, entre limosos, arcillosos, etc. En la Zona Oriental, se presentan muchas zonas de suelos arcillosos, pero, también muchas áreas de suelos volcánicos y calizos. ⁽²⁾

Al ser la zona con menos humedad del país, es posible construir cimentaciones superficiales aún en suelos arcillosos debido que, al no tener mucho contacto con la humedad, el suelo se vuelve aún más resistente. Cuando se realiza el diseño y construcción de una cimentación superficial, se toman en cuenta los estudios de suelos necesarios y después de determinar que las características del suelo, permiten la construcción de una cimentación superficial, se diseña en base a los resultados obtenidos.

2.4.1 Tipos de cimentaciones superficiales

- Zapatas

Se entiende por zapata al elemento estructural cuya función es servir de cimentación de un pilar, muro u otro componente superficial, para transmitir al terreno los esfuerzos a los que está sometido. Dentro de las zapatas se pueden diferenciar varios tipos:

✓ Zapatas aisladas

Se emplean cuando la capacidad resistente del suelo es media-alta y por lo tanto la carga del pilar se puede transmitir directamente al terreno.

✓ Zapatas de medianería

Este tipo de zapata es muy utilizada en edificios debido a que la presencia de otras construcciones en los aledaños.

✓ Zapata combinada

Las zapatas combinadas son aquellas en las que se transmiten las cargas de dos pilares o pilas debido a su cercanía, lo que no permite la construcción de zapatas aisladas para cada uno de ellos.

✓ Zapatas corridas

Utilizadas para la cimentación de muros o estructuras de contención de gravedad que tiene una longitud importante. ⁽³⁾

- Solera

Las soleras de hormigón son los revestimientos del suelo natural, están destinadas a proporcionar un firme plano y se pueden dejar a vista, como acabado definitivo, o añadir otra superficie o pavimento sobre ella.

- Losas

Cuando se encuentra con un terreno de baja resistencia o un suelo heterogéneo en el que pueden aparecer asientos diferenciales, se utilizan losas de cimentación. Su diseño está condicionado por las deformaciones del terreno y pueden ser de varios tipos: continua y uniforme, aligerada, nervada, con pedestales o de tipo cajón.

- **Tensor**
los Tensores son barras de acero estriado que se instalan espaciadas entre sí en los huecos de los ladrillos y estos a su vez son rellenados con mortero de pega u hormigón de relleno, formando un pilar interior en el muro de Albañilería.
- **Vigas de cimentación**
También se conocen como vigas de conexión o vigas riostras, este tipo de vigas se deben considerar como una barra con sus extremos articulados, la finalidad principal es la de conectar las cimentaciones, se diseñan principalmente para resistir el axial máximo tanto en compresión como en tracción.

2.5 Proceso constructivo de una cimentación

El proceso constructivo de una cimentación implica varias etapas clave. A continuación, se detallan las fases típicas de construcción de una cimentación:

- **Fase 1: Evaluación y Preparación del Sitio**

Esta etapa es la piedra angular del proceso constructivo de una cimentación. Comienza con un exhaustivo estudio geotécnico del terreno. Ingenieros geotécnicos examinan las características del suelo, como su capacidad de carga, composición y resistencia. Este análisis informa el diseño estructural, siendo esencial para la selección del tipo de cimentación más adecuado. La preparación del sitio implica la delimitación del área de cimentación y, en algunos casos, la remoción de obstáculos o capas superficiales de suelo no deseadas.

- **Fase 2: Diseño Estructural y Planificación**

Basándose en los datos geotécnicos, ingenieros estructurales desarrollan un diseño detallado. Este diseño no solo determina las dimensiones y forma de la cimentación, sino que también considera las cargas que soportará la estructura y las características específicas del suelo. La planificación

incluye decisiones críticas sobre el tipo de cimentación a utilizar, ya sea una losa, zapata, pilotes u otro tipo, teniendo en cuenta la funcionalidad y las condiciones locales.

- **Fase 3: Excavación y Preparación del Terreno**

La excavación es un proceso delicado que implica retirar el suelo de la zona definida por el diseño. La profundidad y la forma de la excavación deben ajustarse con precisión a las especificaciones del diseño estructural. Posteriormente, se procede a nivelar y compactar el suelo, garantizando una base uniforme y estable. La compactación es esencial para prevenir futuros asentamientos desiguales que podrían comprometer la integridad de la cimentación.

- **Fase 4: Instalación de Drenaje y Protección contra Elementos Ambientales**

Para gestionar el agua subterránea y evitar problemas de drenaje, se implementan sistemas adecuados. Esto es crucial para prevenir la erosión del suelo y problemas asociados con la acumulación de agua alrededor de la cimentación. Además, se considera la protección contra elementos ambientales, como la lluvia o la exposición prolongada al sol, durante todo el proceso constructivo.

- **Fase 5: Colocación de Formaleta (Encofrado) y Refuerzo**



“Armado y colocación de acero para zapata y tensor”.

Proyecto: Agencia Bancomi Santa Rosa de Lima. Fuente propia.

La formaleta, o encofrado, se construye según las especificaciones del diseño para dar forma a la cimentación antes de verter el concreto. La colocación cuidadosa del refuerzo, ya sea en forma de barras de acero o mallas, es esencial. El refuerzo proporciona la resistencia necesaria y ayuda a controlar las tensiones a las que estará sometida la cimentación.

- **Fase 6: Vertido y Curado del Concreto**



“Colado de zapata y tensor”

Proyecto: Agencia Bancomi Santa Rosa de Lima. Fuente propia

El concreto se vierte en la formaleta, asegurando una distribución uniforme. El proceso de curado posterior, que implica mantener condiciones específicas de humedad y temperatura, es crucial para permitir que el concreto alcance su resistencia óptima. Esta fase es crítica para la durabilidad y la integridad estructural a largo plazo.

- **Fase 7: Desencofrado, Inspección y Documentación**

Una vez que el concreto ha alcanzado la resistencia adecuada, se procede al desencofrado. Las inspecciones minuciosas se llevan a cabo para verificar la calidad del trabajo y la conformidad con los planos. La documentación detallada de todo el proceso es esencial para futuras referencias, la trazabilidad y, en muchos casos, para cumplir con requisitos normativos y de seguridad.

En conjunto, estas fases forman un proceso constructivo integral que garantiza la creación de una cimentación robusta y confiable para cualquier estructura. Desde la evaluación inicial del suelo hasta la finalización y documentación, cada paso es esencial para la construcción exitosa de una base duradera y segura. Estos pasos representan una guía general y pueden variar según el tipo de cimentación y las condiciones específicas del sitio. La supervisión de ingenieros estructurales y la adhesión a las normativas locales son esenciales para garantizar un proceso constructivo exitoso y una cimentación segura y duradera.

2.5.1 Consideraciones en el proceso constructivo de una cimentación

El proceso constructivo de una cimentación es crítico para la estabilidad y durabilidad de una estructura. Aquí hay algunas consideraciones clave que deben tenerse en cuenta durante este proceso:

Estudio del Suelo:

Realizar un estudio geotécnico para comprender las características del suelo, como su capacidad de carga, resistencia y tipo. Esto guiará la elección del tipo de cimentación más adecuado.

- **Diseño Estructural:**

Contar con un diseño estructural preciso realizado por ingenieros capacitados. Este diseño debe tener en cuenta las cargas que la estructura transferirá al suelo y determinar la profundidad y el tipo de cimentación necesario.

- **Excavación y Nivelación:**

Realizar la excavación de acuerdo con las especificaciones del diseño. Es esencial asegurar que la base sea nivelada y compactada adecuadamente para evitar asentamientos diferenciales.

- **Refuerzo y Encofrado:**

Colocar el refuerzo de acuerdo con las especificaciones del diseño. Utilizar encofrados adecuados para dar forma a la cimentación antes de verter el concreto. El refuerzo proporciona resistencia adicional y ayuda a controlar las tensiones.

- **Control de Agua:**

Implementar sistemas de drenaje adecuados para controlar el agua subterránea durante y después de la construcción. El agua puede debilitar el suelo y afectar la estabilidad de la cimentación.

- **Compactación del Suelo:**

Asegurarse de que el suelo alrededor de la cimentación esté compactado adecuadamente para evitar hundimientos posteriores.

- **Control de Calidad del Concreto:**

Verificar la calidad del concreto utilizado, asegurando que cumpla con las normas y especificaciones. Un concreto adecuadamente mezclado y colocado es esencial para la resistencia y durabilidad de la cimentación.

- **Tiempos de Curado:**

Seguir los tiempos de curado recomendados para el concreto. El curado adecuado es esencial para lograr la resistencia deseada.

- **Inspección Continua:**

Realizar inspecciones continuas durante el proceso constructivo para identificar cualquier problema temprano y corregirlo antes de que afecte la calidad de la cimentación.

- **Protección Contra Elementos Ambientales:**

Proteger la cimentación contra elementos ambientales, como lluvia o exposición excesiva al sol, durante el proceso de construcción para garantizar que se mantenga en condiciones óptimas.

- **Documentación y Registro:**

Mantener registros detallados de todo el proceso constructivo, desde el estudio del suelo hasta la finalización. Esto es crucial para futuras referencias y para garantizar la trazabilidad y la conformidad con los estándares.

El proceso constructivo de la cimentación es un paso crítico en la construcción de cualquier estructura. Cumplir con estas consideraciones garantiza una cimentación sólida y confiable, lo que contribuye a la seguridad y durabilidad a largo plazo del edificio.

2.6 Riesgos en el proceso constructivo de una cimentación

En el complejo proceso de construcción de cimentaciones, diversos riesgos y desafíos se presentan como obstáculos potenciales, ejerciendo un impacto significativo en la integridad estructural y la seguridad a largo plazo de la edificación. Este período crítico, fundamental para establecer las bases sólidas sobre las cuales descansará la estructura, involucra una interacción compleja entre factores geotécnicos, hidrológicos y estructurales, que demandan una atención cuidadosa y una gestión experta.

Uno de los desafíos más fundamentales radica en la variabilidad inherente del suelo. La composición geotécnica del terreno puede experimentar cambios sustanciales a lo largo de un sitio de construcción, desde suelos expansivos y arcillosos hasta formaciones rocosas resistentes. Esta diversidad exige una adaptabilidad extrema en el diseño de las cimentaciones para garantizar una distribución de carga equitativa y evitar problemas como el asentamiento desigual, que podría poner en peligro la estabilidad general de la estructura.

Además, la gestión adecuada del agua subterránea se convierte en una tarea crucial. Las fluctuaciones en los niveles freáticos pueden afectar la capacidad portante del suelo y, por ende, la eficacia de las cimentaciones. La implementación de sistemas de drenaje avanzados y medidas de impermeabilización se vuelve esencial para mitigar los efectos adversos de las condiciones hidrogeológicas cambiantes y preservar la integridad estructural a lo largo del tiempo.

La elección del tipo de cimentación también se presenta como un desafío estratégico. La diversidad de opciones, como pilotes, zapatas, o losas, cada una con sus propias características y aplicaciones específicas, requiere una cuidadosa consideración. La selección errónea podría resultar en una capacidad de carga insuficiente, deformaciones inaceptables o incluso la falla prematura de la cimentación, lo que subraya la necesidad de un análisis exhaustivo del suelo y una comprensión profunda de las demandas estructurales.

Absolutamente, la construcción de cimentaciones es una parte crítica del proceso de construcción de cualquier estructura y conlleva varios riesgos y desafíos. Algunos de estos pueden incluir:

- **Condiciones del suelo:** La variabilidad en las condiciones del suelo puede afectar la capacidad de carga y la estabilidad de la cimentación. Suelos expansivos, suelos blandos o suelos con poca capacidad portante pueden requerir diseños y técnicas de construcción especiales.
- **Nivel freático alto:** Si el nivel freático es alto, puede haber problemas con el agua infiltrándose en la excavación, lo que afecta la estabilidad del suelo y puede requerir medidas especiales de impermeabilización.
- **Cargas inesperadas:** Pueden surgir cargas inesperadas durante la construcción debido a cambios en el diseño o condiciones imprevistas, lo que podría afectar la capacidad de carga de la cimentación.
- **Condiciones climáticas:** El clima puede afectar la construcción de cimentaciones. Por ejemplo, lluvias intensas pueden generar problemas de inundación y socavar la estabilidad del suelo.
- **Ingeniería sísmica:** En áreas sísmicas, el diseño sísmico adecuado es fundamental. Las fuerzas sísmicas pueden afectar significativamente la integridad estructural, y las cimentaciones deben diseñarse para resistir estos eventos.
- **Errores de construcción:** Errores en la construcción, ya sea en la colocación del concreto, el refuerzo o cualquier otra parte del proceso, pueden comprometer la integridad estructural de la cimentación.
- **Hundimientos diferenciales:** En terrenos con diferentes características de suelo, puede ocurrir hundimiento diferencial, lo que puede resultar en asentamientos desiguales y afectar la estructura.

- **Incompatibilidad del suelo:** Algunos tipos de suelos pueden ser corrosivos o reactivos químicamente, lo que puede afectar la durabilidad de la cimentación a largo plazo.
- **Erosión:** En áreas propensas a la erosión, la pérdida de suelo alrededor de la cimentación puede ser un problema, comprometiendo la estabilidad.
- **Cumplimiento normativo:** No cumplir con los códigos y normativas de construcción aplicables puede resultar en cimentaciones que no cumplen con los estándares de seguridad necesarios.

Es esencial abordar estos riesgos y desafíos mediante una planificación adecuada, estudios geotécnicos detallados, diseños de ingeniería precisos y una ejecución de la construcción cuidadosa para garantizar la integridad estructural y la seguridad a largo plazo de la edificación. La construcción de cimentaciones emerge como una empresa altamente especializada y compleja, donde la anticipación y la gestión eficiente de los riesgos son cruciales. La integración de técnicas geotécnicas avanzadas, prácticas de construcción sostenibles y la supervisión constante por parte de profesionales especializados son esenciales para garantizar la estabilidad duradera y la seguridad estructural en todas las etapas de la vida útil de la edificación.

2.7 Supervisión de cimentaciones

La supervisión de cimentaciones es una etapa de suma importancia en el proceso constructivo. Se distingue por la necesidad de llevar a cabo una vigilancia meticulosa y una confirmación continua, asegurando que el proceso de construcción de las bases estructurales se desarrolle con precisión y conforme a los estándares y criterios preestablecidos. Esta tarea no solo se limita al cumplimiento normativo y regulatorio, sino que también reviste importancia en la seguridad, estabilidad y durabilidad de la estructura a lo largo de su ciclo de vida.

La supervisión de cimentaciones implica un compromiso constante con la calidad, desde la planificación inicial hasta la ejecución final. Los profesionales encargados de esta labor

desempeñan un papel fundamental al verificar que cada etapa del proceso cumpla con los requisitos técnicos y normativos pertinentes. Esto abarca desde la preparación del terreno hasta la colocación de los materiales de cimentación, asegurando que se sigan los procedimientos adecuados y se utilicen los materiales apropiados.

La importancia de esta disciplina radica no solo en la conformidad con las normativas, sino también en la salvaguarda de la integridad estructural. La vigilancia constante durante la construcción de las cimentaciones no solo mitiga riesgos potenciales, sino que también contribuye significativamente a la longevidad y estabilidad de la estructura resultante. Asimismo, esta atención detallada puede prevenir problemas futuros, como asentamientos no deseados o deterioro prematuro, lo que a su vez reduce costos de mantenimiento y reparación a lo largo del tiempo. La supervisión de cimentaciones emerge como un pilar esencial en la construcción, desempeñando un papel crucial en la conformidad normativa, la seguridad estructural y la durabilidad a largo plazo de las edificaciones. La atención meticulosa a cada fase del proceso asegura la calidad y confiabilidad de las bases, sentando así las bases para estructuras robustas y perdurables.

2.7.1 Aspectos clave de la supervisión de cimentaciones

La supervisión de cimentaciones es un aspecto crítico en la construcción de estructuras, ya que asegura que la cimentación cumpla con los estándares de seguridad y durabilidad. Aquí se detallan algunos aspectos clave de la supervisión de cimentaciones:

- **Observación y Evaluación Continua:**

La supervisión de cimentaciones implica una atención constante a las diversas actividades que componen la construcción de la base de una edificación. Desde la excavación inicial hasta la colocación del concreto y la instalación del refuerzo, cada fase es evaluada minuciosamente para garantizar la conformidad con los planos, diseños y estándares estructurales.

- **Cumplimiento de Estándares y Especificaciones:**

Durante la supervisión, se verifica que cada componente de la cimentación se ajuste a los estándares y especificaciones de diseño. Esto incluye la revisión de la resistencia del concreto, la correcta colocación del refuerzo, la alineación precisa y la nivelación adecuada de la cimentación.

- **Seguridad y Estabilidad:**

La supervisión busca garantizar la seguridad y estabilidad de la estructura, evitando problemas potenciales como asentamientos desiguales, deformaciones no deseadas o cualquier otro defecto que pueda comprometer la integridad estructural.

- **Durabilidad a Largo Plazo:**

Se presta especial atención al proceso de curado del concreto, asegurándose de que se cumplan los tiempos y condiciones adecuados. El objetivo es maximizar la durabilidad a largo plazo de la cimentación, reduciendo así el riesgo de problemas estructurales en el futuro.

- **Gestión de Riesgos:**

La supervisión de cimentaciones no solo se centra en la conformidad actual, sino que también implica una gestión proactiva de riesgos. La identificación temprana de posibles problemas durante la construcción permite tomar medidas correctivas antes de que afecten la integridad de la estructura.

- **Documentación Rigurosa:**

Un componente clave de la supervisión es la documentación detallada. Se mantienen registros precisos de todas las actividades, inspecciones, pruebas y cualquier acción correctiva tomada. Esta documentación no solo es esencial para la trazabilidad, sino que también puede ser requerida para cumplir con normativas y estándares de construcción.

La supervisión de cimentaciones es un proceso integral que garantiza la conformidad con estándares y especificaciones, al mismo tiempo que salvaguarda la seguridad y durabilidad de las estructuras a lo largo del tiempo. La observación cuidadosa y la evaluación constante son fundamentales para asegurar la calidad de las bases estructurales desde su inicio hasta su finalización.

2.7.2 Ventajas de la supervisión de cimentaciones en términos de costos y plazos

La supervisión calificada en proyectos de construcción, especialmente en el caso de cimentaciones, puede ofrecer varias ventajas específicas en términos de costos y plazos. *“La supervisión juega un papel determinante para bajar los costos donde se analizan alternativas que puedan posicionarse tomando en cuenta tiempo, costo, riesgo y calidad” - Herrera (2023).*

Algunas de estas ventajas incluyen:

- **Prevención de Errores:**

La supervisión calificada ayuda a prevenir errores durante la fase de diseño y construcción de las cimentaciones. Esto evita costosos retrabajos que podrían surgir debido a errores iniciales, lo que ahorra tiempo y recursos. La supervisión debería revisar el diseño de la cimentación antes del inicio de la construcción. La cimentación es una parte crucial de cualquier estructura, ya que proporciona el soporte necesario para cargar la estructura sobre el suelo. Un diseño de cimentación defectuoso o inadecuado puede dar lugar a problemas serios en la integridad estructural a largo plazo.

La revisión del diseño de la cimentación por parte de la supervisión antes de la construcción es esencial para garantizar que se cumplan todos los requisitos y estándares estructurales. Esto puede incluir la verificación de que las cargas previstas se distribuyan adecuadamente, que se utilicen los materiales adecuados, y que se sigan las prácticas de construcción recomendadas. La supervisión también puede identificar posibles problemas en el diseño que podrían surgir durante la construcción y afectar la estabilidad de la estructura. Al revisar el diseño de la cimentación de antemano, se pueden abordar y corregir cualquier problema potencial antes de que se inicie la construcción, lo que ayuda a prevenir costosos retrabajos y garantiza la seguridad y la eficiencia del proyecto.

Muchas veces no se hace pues los alcances contractuales no lo exigen o en su defecto, no lo permiten, sin embargo, como una buena práctica de construcción es necesario revisar antes para tener una garantía de lo que se ha diseñado es correcto. Porque se puede estar cuidando que todo lo construido sea acorde al diseño y planos, pero si dichos documentos no están correctos, se está supervisando algo incorrecto. Por eso se hace énfasis en que el supervisor debe tener esos criterios para evaluar.

- **Optimización del Diseño:**

La supervisión de expertos puede contribuir a optimizar el diseño de las cimentaciones, asegurando que sean adecuadas para las condiciones específicas del sitio. Esto puede conducir a soluciones más eficientes desde el punto de vista de costos y plazos.

- **Cumplimiento Normativo:**

Los profesionales de la supervisión están familiarizados con los códigos y normativas de construcción locales e internacionales. Asegurar el cumplimiento normativo desde el principio puede evitar demoras y costos adicionales asociados con la corrección de problemas de cumplimiento.

- **Gestión de Riesgos:**

La supervisión calificada puede identificar y gestionar proactivamente los riesgos asociados con la construcción de cimentaciones. Esto puede incluir la identificación de posibles problemas geotécnicos, ambientales o de otro tipo que podrían afectar los costos y plazos del proyecto.

- **Eficiencia en la Ejecución:**

Una supervisión experta puede mejorar la eficiencia durante la construcción, asegurando que los recursos se utilicen de manera óptima y que los trabajos se realicen de acuerdo con el plan. Esto puede acelerar el progreso y reducir los tiempos de construcción.

- **Control de Calidad:**

La supervisión calificada garantiza un control de calidad riguroso en todas las etapas del proyecto. Esto minimiza la posibilidad de defectos o problemas que podrían requerir reparaciones costosas y aumentar los plazos de construcción.

- **Reducción de Reclamaciones y Litigios:**

Una supervisión competente puede ayudar a evitar disputas entre contratistas y propietarios, reduciendo la posibilidad de reclamaciones y litigios. Esto contribuye a mantener los costos bajo control y evita demoras asociadas con disputas legales.

- **Planificación y Programación Eficientes:**

La supervisión calificada puede contribuir a una planificación y programación más eficientes del proyecto. Un cronograma bien gestionado puede ayudar a evitar retrasos y optimizar el uso de los recursos. La supervisión calificada en proyectos de construcción, especialmente en el ámbito de las cimentaciones, puede aportar una serie de beneficios que impactan positivamente en los costos y los plazos, al tiempo que mejora la calidad y la eficiencia general del proyecto.

2.7.3 Requisitos debe un profesional supervisor

La supervisión de cimentaciones desempeña un papel fundamental en la construcción de estructuras, siendo un componente esencial para garantizar la estabilidad y durabilidad de edificios, puentes y otras infraestructuras. Este proceso se erige como la primera línea de defensa, ya que las cimentaciones constituyen el sustento sobre el cual reposa todo el peso y la carga de las construcciones.

Los profesionales encargados de la supervisión de cimentaciones deben destacarse por una combinación única de habilidades técnicas, conocimientos especializados y destrezas de gestión. En el ámbito técnico, es esencial contar con un profundo entendimiento de la mecánica del suelo y las propiedades geotécnicas que pueden influir en el comportamiento de las cimentaciones. Esto implica la capacidad de evaluar la capacidad de carga del suelo, prever posibles asentamientos y

comprender cómo diversos factores, como la presencia de agua subterránea, pueden afectar la estabilidad de la base.

El conocimiento específico sobre los materiales de construcción y las tecnologías disponibles para cimentaciones también es esencial. Esto abarca desde la elección adecuada de los tipos de cimentaciones, como las zapatas o los pilotes, hasta la comprensión de las técnicas de construcción más avanzadas que puedan optimizar la eficiencia y la resistencia de la base.

Además de las habilidades técnicas, la capacidad de gestión es crucial para coordinar eficientemente los diversos aspectos del proceso de supervisión. Los profesionales deben ser capaces de planificar y ejecutar inspecciones detalladas, coordinar con otros equipos de construcción y comunicarse de manera efectiva con los ingenieros, arquitectos y trabajadores involucrados en el proyecto. La gestión de recursos y la capacidad para tomar decisiones informadas en tiempo real son habilidades clave para asegurar que la construcción avance sin contratiempos y que las cimentaciones cumplan con los estándares de seguridad y calidad requeridos. La supervisión de cimentaciones no solo requiere conocimientos técnicos profundos, sino también una combinación de habilidades de gestión para garantizar el éxito de un proyecto de construcción desde sus cimientos. Este rol desempeña un papel esencial en la integridad estructural a largo plazo de las edificaciones, consolidando la importancia de contar con profesionales altamente capacitados y competentes en esta área.

Un profesional que se dedique a la supervisión de cimentaciones debe poseer una combinación de habilidades técnicas, conocimientos específicos y habilidades de gestión. Aquí hay algunos requisitos clave que se podrían considerar:

Educación y Formación Técnica:

- Título universitario en ingeniería civil o una disciplina relacionada.
- Especialización o cursos adicionales en geotecnia y cimentaciones.

Experiencia Profesional:

- Experiencia práctica en proyectos de construcción que involucren cimentaciones.
- Familiaridad con las normativas y códigos de construcción locales e internacionales.

Conocimientos Técnicos:

- Profundo conocimiento en mecánica de suelos y geotecnia.
- Entendimiento de los diferentes tipos de cimentaciones (cimientos superficiales, cimientos profundos, pilotes, etc.).
- Conocimiento de software de ingeniería estructural y geotécnica.

Habilidades de Inspección y Evaluación:

- Capacidad para inspeccionar y evaluar la calidad de la excavación y preparación del terreno.
- Habilidad para identificar problemas potenciales en las cimentaciones y proponer soluciones.

Gestión de Proyectos:

- Habilidades de gestión de proyectos para coordinar eficientemente la supervisión con el progreso general del proyecto.
- Capacidad para trabajar en equipo y comunicarse efectivamente con otros profesionales de la construcción.

Conciencia Ambiental y de Seguridad:

- Comprensión de las prácticas seguras en el lugar de trabajo.
- Conciencia ambiental para garantizar que la construcción se realice de manera sostenible y respetuosa con el entorno.

Habilidades de Comunicación:

- Habilidades efectivas de comunicación oral y escrita para informar sobre el progreso, problemas y soluciones a los diferentes miembros del equipo y partes interesadas.

Actualización Continua:

- Disposición para mantenerse actualizado sobre las últimas tecnologías, normativas y avances en el campo de la ingeniería civil y cimentaciones.

Estos requisitos son generales y podrían adaptarse según las necesidades específicas del proyecto y la región. La supervisión de cimentaciones es fundamental para garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras, por lo que la formación y la experiencia adecuadas son esenciales para desempeñar este papel de manera efectiva.

“En los países desarrollados para ser supervisor primero tuviste que ser constructor antes de ser supervisor, porque no solamente es teoría y lo que se aprende en la universidad, sino también es vivir la experiencia de la construcción”. - Herrera (2023).

2.7.4 Supervisión de obras en El Salvador

La supervisión que se maneja actualmente sobre todo en proyectos de gobierno no cumple con todos los requisitos que debería tener, en especial: la experiencia. se pretende colocar supervisores en proyectos de gran magnitud, pero ofreciéndoles un salario poco atractivo, lo que resulta en que los profesionales con experiencia no aplican pues no lo consideran viable, y esos campos terminan siendo ocupados por profesionales que inician en el campo de la construcción cuyo objetivo es ganar experiencia por sobre la recompensación salarial. Algo que, por supuesto representa una ventaja económica para las empresas realizadoras, sin embargo, no debería ser así. La supervisión en proyectos, especialmente en proyectos de gran magnitud, se ve afectada por diversas deficiencias, siendo la experiencia uno de los elementos críticos que no se aborda de manera adecuada. La intención de asignar supervisores a estas iniciativas es loable, pero la realidad es que la oferta salarial propuesta no logra atraer a profesionales experimentados, lo que plantea serias limitaciones en la calidad y eficacia de la supervisión.

El dilema surge al observar la brecha entre la importancia de contar con supervisores con experiencia y la compensación económica ofrecida. La remuneración insuficiente resulta en que los profesionales con un historial comprobado en proyectos similares o en la industria en general no encuentren atractiva la propuesta, dejando vacantes cruciales que deberían ser ocupadas por

individuos con un conocimiento profundo y una comprensión integral de los desafíos asociados a proyectos de gran envergadura.

La paradoja se agrava al observar que, ante la falta de candidatos experimentados dispuestos a aceptar dichas condiciones salariales, las posiciones de supervisión terminan siendo ocupadas por profesionales novatos en el campo de la construcción. Aunque estos individuos pueden estar motivados por la oportunidad de ganar experiencia, la falta de conocimiento consolidado podría traducirse en una supervisión menos efectiva, con el potencial de afectar negativamente la calidad y la eficiencia del proyecto en cuestión.

Este escenario plantea una disyuntiva ética y operativa. Por un lado, las empresas realizadoras pueden beneficiarse económicamente al reducir costos salariales; sin embargo, este enfoque puede comprometer la integridad y el éxito a largo plazo de los proyectos gubernamentales. La experiencia no solo aporta conocimientos técnicos, sino también una visión estratégica y la capacidad de anticipar y abordar posibles obstáculos, elementos cruciales en proyectos complejos. Para abordar este desafío, sería fundamental revisar y ajustar la estructura salarial, reconociendo la importancia estratégica de la supervisión y recompensando adecuadamente la experiencia y la competencia de los profesionales involucrados. Un enfoque más equitativo no solo atraerá a candidatos calificados, sino que también fortalecerá la ejecución y el éxito general de los proyectos gubernamentales, generando beneficios a largo plazo para todas las partes involucradas. *“Existe deficiencia cuando se comercializa y faltan a la ética, pero también por la falta de experiencia de muchos supervisores.” - Castro (2023)*

2.7.5 ¿Qué hacer durante la ejecución de la obra?

La actuación de todos durante la fase de ejecución de obra, debe ser la continuación de las condiciones y prescripciones establecidas en los documentos y otros acuerdos contractuales que tuvieron lugar antes de que iniciara el proceso constructivo. Necesariamente han de ser avaladas por estos documentos contractuales, para garantizar la puesta en vigor de las obligaciones contraídas. La puesta en práctica de obligaciones se pondrá en marcha con el inicio de obra, debiendo llevarse a cabo según se haya establecido. Para acreditarlo conviene dejar anotaciones precisas que dejen huella de lo actuado.

En todo caso, el Libro de asistencias, y las bitácoras de incidencias, serían referencias suficientes para reseñar señales ⁽⁵⁾ de control, aunque serían insuficientes para documentar las referencias preventivas. Para acreditar lo actuado son necesarias imágenes gráficas, actas de reuniones, pruebas y ensayos de control, el pliego de condiciones, contrato y cuantos estuvieran previstos en el sistema de gestión de la obra. Toda la preparación y la creación del marco más propicio para llevar a cabo el proceso empresarial, ha llegado el momento de ponerlo en práctica.

Se pondrá a prueba el sistema establecido, y se comprobará si las opciones tomadas han sido las más adecuadas al caso. Como se diría en términos menos técnicos, ha llegado el momento de comprobar si el grupo elegido para iniciar los trabajos de inicio es un verdadero equipo y está dispuesto a actuar lo mejor posible. En el ámbito psicosocial se ha comprobado que los objetivos del grupo son los más deseados por los componentes; mucho más que un premio personal. Por tanto, existiendo esas cualidades innatas, es cuestión de que los líderes del grupo sepan poner en práctica la cooperación entre empresas, comenzando por aquellas que tendrán más cercanía y relación durante la obra por las razones que fueran. La simple ausencia de problemas ya sería un éxito.

La construcción de hoy tiene excesiva parte artesanal, y gran rotación de los trabajadores participantes, lo que no es favorable para la formación de un grupo integrado. Sin embargo, es conveniente que se conozcan aspectos que ayudan a la formación de un grupo (o equipo) homogéneo. Como principio básico se ha de procurar la integración de todos en la actividad de construir, debiendo motivarse a cada participante seriamente. Hay que tener en cuenta, que todos y cada uno de los participantes, incluso los auxiliares de la obra son de suma importancia para obtener el buen fin del proceso. Se ha de recordar que antaño hubo actos que han sido de interés para conseguir unidad. La puesta de bandera (se refiere a señalar simbólicamente como concluido) al finalizar la estructura sin accidentes de importancia, fue en su época una celebración de gran importancia social.

Conviene saber: Todas las personas son parte necesaria del grupo. Cada uno se ha de sentir responsable de los resultados del conjunto. Todos se deben sentir aceptados y valorados. Se ha de crear sentimiento de pertenencia al grupo y sentir el compromiso por lograr un mismo objetivo.

Se ha de transmitir la convicción de que tensiones y problemas se solucionan más fácilmente por un grupo cohesionado. Conviene transmitir a cada uno seguridad en sí mismo, la confianza y la

autoestima personal. Otorgar premios favorece la integración mejor que las sanciones. La unión favorece que se alcancen más eficazmente los objetivos y metas propuestos. En resumen, *“todos unidos trabajando en favor de la obra”*- Perla (2023).

2.7.6 ¿Qué se debe supervisar durante la ejecución de la obra?

Un supervisor de obra civil tiene la responsabilidad de garantizar que la construcción se lleve a cabo de manera eficiente, segura y cumpliendo con los estándares de calidad establecidos previamente durante el diseño las fases de concepción del proyecto. Sus funciones varían a lo largo de las diferentes etapas de la ejecución de la obra, y tiene, por supuesto un lineamiento implícito en su labor, al cual debe apearse para saber qué debe supervisar. A continuación, se presentan algunos de los aspectos clave que un supervisor de obra debe regular y revisar:

✓ Cumplimiento del diseño

Las obras que poseen una planificación, tienen un diseño técnico, adecuado a las funciones que para las que las estructuras están previstas a ejercer. Como en el caso de las cimentaciones donde dicho diseño ha sido productos de varios estudios previos. Esto está plasmado directamente en los planos constructivos del proyecto, son estos documentos tan importantes los que el supervisor de obra debe estudiar y analizar para poder garantizar que se cumpla todo lo que en ellos está establecido: dimensiones, traslapes, materiales indicados, ubicaciones correctas, especificaciones técnicas que se encuentren en el juego de planos, detalles constructivos y todas las instrucciones que se encuentren contenidas en los planos que delimiten y faciliten el proceso constructivo.

✓ Procesos constructivos

Este es el principal aspecto que debe cuidar un supervisor de obra, mientras se construye la edificación y especialmente cuando se construyen las cimentaciones del proyecto. Su principal aliado serán las especificaciones técnicas y los planos constructivos. Que son documentos que funcionan como un manual de instrucciones para el constructor y que el supervisor debe cuidar

porque se sigan al pie de la letra, y validar cuando fuese necesario hacer alguna modificativa en beneficio de la obra, como: agilización de tiempo, solución de inconvenientes inesperados, entre otros. Se debe velar porque los procesos se ejecuten de la mejor manera, preferiblemente con mano de obra calificada, que posea mucha experiencia en el campo de la construcción. Se debe observar minuciosamente los métodos constructivos de los trabajadores, y aportar sugerencias y/o correcciones con el fin de facilitarles el trabajo, y poder agilizar el proceso sin perder de vista el objetivo principal: construir una obra de buena calidad que cumpla con los requerimientos para la cual fue diseñada.

✓ **Materiales empleados en la ejecución de la obra**

Es muy importante cuidar que los materiales utilizados en la obra sean de la calidad necesaria para su ejecución y cumplan los estándares normados, de acuerdo al tipo de estructura que se está ejecutando. Por ejemplo, en las cimentaciones del sistema edificio, donde de ninguna manera se debe limitar la capacidad económica del realizador para adquirir suministros de material en condiciones óptimas. Puesto que el hacer lo contrario en elementos tan importantes como las cimentaciones, podría comprometer la integridad de la edificación completa. Es por eso que en muchos proyectos los materiales a emplearse son sometidos a distintos ensayos para asegurarse de que cumplan con las condiciones esperadas para su uso, y no solamente se trata de adquirirlos de un proveedor confiable, ya que así se descartan imperfecciones de fábrica. El supervisor debe inspeccionar como mínimo visualmente los materiales a emplearse en la obra, ya sea él personalmente o delegar a un tercero que tenga la experiencia y conocimiento de materiales, por ejemplo: un laboratorista, un maestro de obra muy experimentado, un ingeniero de control de calidad, etc. La supervisión no debe cuidar solamente los materiales cuando ingresan a la obra o cuando van a utilizarse, sino también debe garantizar que las condiciones en que se almacenan estos materiales no perjudiquen sus propiedades físicas y modifiquen las características mecánicas ideales de los mismos.

✓ **Pruebas de laboratorio y ensayos**

Como se mencionó en el apartado anterior, los materiales a emplearse en la obra deben ser sometidos a ciertos ensayos para comprobar su calidad antes de ser utilizados. Pero no solo los materiales, sino también el sitio donde se va a construir la edificación; sobre todo en el caso de las cimentaciones, debe existir un estudio de suelos pertinente que determine las propiedades físicas del suelo a utilizarse, previo al diseño de las cimentaciones. Pues estos estudios arrojan los resultados acerca de la capacidad portante del suelo, su composición estratigráfica y muchas otras propiedades que pueden obtenerse según la complejidad del estudio aplicado. El profesional de la supervisión debe (si es posible) presenciar la realización de esos estudios en la fase de diseño del proyecto y en su defecto, al incorporarse durante la ejecución del mismo, debe contrastar con otro laboratorio esos resultados presentados por el realizador, para poder asegurarse que se diseñó correctamente para el sitio donde se va a construir. Entre algunos de estos ensayos podemos mencionar: ensayos SPT (Standar Penetration Test), prueba del cono de arena para densidades, pruebas de infiltración en sitio para proyectar obras hidrosanitarias, ensayos menos rigurosos como el del punzómetro, entre otros. Es importante que el supervisor tenga conocimientos sobre estos ensayos para poder asegurarse que se están realizando de manera correcta y por supuesto debe saber interpretar los resultados que estos arrojen. Entre los ensayos aplicados a los materiales, por otro lado, se puede mencionar el ensayo de revenimiento o Cono de Abrams, para medir la trabajabilidad del concreto, ensayos de tracción al acero de refuerzo, ensayos de compresión a muestras de concreto según el diseño de mezcla, entre otros.

✓ **Tolerancias permitidas**

En el caso de las cimentaciones, que son elementos estructurales hechos de concreto reforzado, es muy importante que quien supervise la ejecución de estos, tenga conocimiento acerca de las normas y estándares estructurales que regulan criterios como: medidas, recubrimientos, traslapes, resultados de revenimiento, resultados de ensayos a la compresión. Incluyendo, las tolerancias permitidas en todos estos criterios. Recordando que una de las labores principales del supervisor es cuidar la inversión del propietario del proyecto. Rigiéndose bajo este principio, se deben evitar a toda costa aquellas actividades que causen el retraso de la obra y el desperdicio del recurso económico del contratista. Y un aliado muy importante en ayudar a los actores de la obra es conocer sobre las tolerancias permitidas. Por ejemplo: las pruebas de revenimientos que muestran

la relación agua – cemento del concreto, y que, pueden presentar señales para prever si se está cumpliendo con la resistencia de diseño, antes de someter el material al colado, tienen sus tolerancias. Mismas que pueden ahorrar el tener que rechazar un camión de concreto, lo que implica costos y retrasos en la obra. *“Para elementos estructurales como vigas, columnas y zapatas, la tolerancia permitida puede andar entre más o menos una pulgada respecto al revenimiento teórico.”* – Andrade (2023).

✓ **Obras preparatorias**

Las obras preparatorias en la construcción son las actividades y trabajos que se llevan a cabo antes de comenzar la ejecución principal de una obra civil. Entre ellas la elaboración de documentos que regirán la construcción durante todo el proceso. Estas obras son esenciales para preparar el sitio de construcción, asegurando que esté listo y adecuado para la ejecución de la obra principal. Algunas de estas obras preparatorias comunes incluyen:

- **Estudios geotécnicos.**

Muy importantes para la concepción de un buen diseño estructural, al poder contemplar la capacidad portante del suelo del sitio.

- **Estudios topográficos.**

Imprescindibles para una buena distribución de espacios, diseño del proyecto, planificación de rutas y movimientos de equipo, ubicación de materiales, y para el cálculo de obras de terracería.

- **Elaboración y revisión del presupuesto.**

La parte que determina si el proyecto es viable o no, muchas veces es el factor económico por eso es de suma importancia que la supervisión revise detenidamente el presupuesto antes de iniciar con la ejecución del proyecto.

- **Elaboración del programa de la obra.**

Permite tener plasmada toda la planificación del proyecto, mantener el ritmo de trabajo al día y ahorrar muchos recursos. Es importante que el supervisor revise el programa de la obra y se asegure que el flujo de actividades es el correcto y que los plazos son realistas. Así mismo se deben considerar plazos margen por imprevistos.

- **Elaboración de especificaciones técnicas.**

Las especificaciones técnicas son el manual de instrucciones del realizador, por ello son de suma importancia mantenerlas dentro del sitio de la obra, y estudiarlas antes de iniciar la ejecución de la misma. El supervisor debe analizar y mantener siempre en mente las especificaciones técnicas para asegurar su cumplimiento.

- **Obtención de los permisos de construcción.**

Una obra civil sin importar que tan pequeña sea, debe apegarse a las leyes y regulaciones del lugar donde se desarrollará. Es muy importante que los actores de la obra realicen todas las diligencias necesarias para obtener los permisos de construcción antes de iniciar con la ejecución de la misma. Y aunque no le compete a la supervisión ser partícipe de estas diligencias, debe monitorear que se realicen y se fundamenten legalmente.

- **Obras preliminares en el sitio**

Se refiere a todas las obras físicas que deben realizarse para preparar el sitio y volverlo apto para comenzar con la construcción principal. Algunas de estas obras pueden ser: la construcción de instalaciones provisionales como bodegas de almacenamiento, oficinas, servicios sanitarios, etc. La construcción de accesos vehiculares y peatonales al sitio, el suministro de servicios básicos como energía eléctrica y agua potable. Limpieza y colocación de señales de seguridad en el sitio, entre otras.

2.8 Seguridad industrial de una obra civil

La seguridad industrial en una obra civil se refiere a la implementación de medidas y prácticas destinadas a proteger la vida, la salud y el bienestar de las personas que trabajan en la construcción de una obra civil, así como a prevenir accidentes y minimizar riesgos en el lugar de trabajo. La seguridad industrial en obras civiles es esencial para garantizar un entorno laboral seguro y cumplir con las normativas y regulaciones de seguridad. Algunos aspectos clave de la seguridad industrial en obras civiles incluyen:

Equipamiento de protección personal (EPP):

- **Selección adecuada del EPP:** La elección del equipo de protección personal debe basarse en la naturaleza específica de las tareas realizadas en la obra. Por ejemplo, el tipo de casco puede variar según el riesgo de caída de objetos, y los guantes deben ser adecuados para proteger contra cortaduras, abrasiones o productos químicos.
- **Entrenamiento en el uso correcto:** No basta con proporcionar EPP; es esencial capacitar a los trabajadores sobre cómo utilizarlo correctamente. Esto incluye demostraciones prácticas y la explicación de las situaciones en las que deben usar cada tipo de equipo.

Señalización y comunicación:

- **Señalización clara y visible:** Las señales de seguridad deben ser comprensibles para todos los trabajadores, independientemente de su idioma o nivel de educación. Además, deben ser visibles incluso en condiciones de poca luz.
- **Sistema de comunicación eficiente:** La implementación de un sistema de comunicación claro y eficiente es crucial para informar rápidamente a los trabajadores sobre cambios en las condiciones de trabajo o posibles peligros. Esto podría incluir el uso de radios bidireccionales, sirenas u otros dispositivos de comunicación.

Planificación de emergencias:

- **Simulacros regulares:** Realizar simulacros de emergencia periódicos ayuda a garantizar que los trabajadores estén familiarizados con los procedimientos de evacuación y respuesta a emergencias. Esto reduce el pánico y mejora la capacidad de respuesta en situaciones reales.

- **Equipamiento de primeros auxilios:** Asegurar que haya kits de primeros auxilios bien equipados y fácilmente accesibles en diferentes áreas del lugar de trabajo. Además, designar personal capacitado en primeros auxilios puede marcar la diferencia en el tiempo de respuesta ante emergencias médicas.

Capacitación:

- **Programas continuos de formación:** La formación en seguridad no debe ser un evento único. Programas continuos de formación garantizan que los trabajadores estén al tanto de las últimas prácticas de seguridad y fomentan una cultura de seguridad en el lugar de trabajo.
- **Participación activa:** Involucrar a los trabajadores en la identificación de riesgos y en la formulación de medidas de seguridad puede aumentar su conciencia y compromiso con la seguridad.

Control de maquinaria y equipos:

- **Mantenimiento regular:** Establecer programas de mantenimiento preventivo para garantizar que todas las maquinarias y equipos estén en condiciones óptimas de funcionamiento. Esto no solo mejora la seguridad, sino que también prolonga la vida útil de los equipos.
- **Entrenamiento en el manejo seguro:** Proporcionar formación específica sobre el uso seguro de maquinaria y herramientas. Esto incluye comprender los riesgos asociados y seguir los procedimientos operativos seguros.

La seguridad industrial en obras civiles implica una combinación de prácticas, políticas y procedimientos que, cuando se implementan de manera efectiva, no solo protegen a los trabajadores, sino que también contribuyen al éxito general del proyecto al reducir los tiempos de inactividad y los costos asociados con incidentes no planificados.

2.8.6 Seguridad industrial en la construcción de una cimentación

La construcción de cimentaciones es una fase crítica en cualquier proyecto de construcción, y la seguridad industrial durante este proceso es de suma importancia. La preservación de la integridad física de los trabajadores, así como la prevención de incidentes que puedan comprometer la estabilidad de la estructura en construcción, son elementos clave que requieren una atención meticulosa. La seguridad industrial en la construcción de cimentaciones emerge como un compromiso inquebrantable, un tejido vital que abraza con firmeza la identificación meticulosa, la evaluación rigurosa y la mitigación proactiva de riesgos inherentes a tan desafiante labor. Este compromiso va más allá de una mera formalidad, constituyendo un pilar fundamental para salvaguardar no solo la integridad física, sino también el bienestar global de los valientes trabajadores que enfrentan diariamente los desafíos de este entorno.

“Mucha gente no se fija en la seguridad de los obreros, estabilidad de taludes y otras cosas que impactan en accidentes y generan cosas fatales. La construcción de cimentaciones es algo sencillo pero el proceso de construcción es riesgoso para los obreros y para el personal técnico”- Herrera (2023).

En este contexto, la formación continua del personal se erige como una piedra angular esencial. No es simplemente una inversión en habilidades técnicas, sino un acto de empoderamiento que dota a los trabajadores con el conocimiento necesario para reconocer y responder eficientemente a los posibles peligros. La capacitación no solo se traduce en un mejor rendimiento laboral, sino que también fomenta una cultura de seguridad arraigada en la conciencia individual y colectiva. La implementación de medidas de control y prevención, meticulosamente diseñadas, se erige como un muro de protección ante los embates de la adversidad. Estas no son meras formalidades burocráticas, sino escudos activos que reducen la probabilidad de incidentes y aseguran que la obra avance en un entorno seguro y controlado. Desde equipos de protección personal hasta protocolos de seguridad específicos para cada fase del proyecto, cada medida desempeña un papel crucial en la construcción de un entorno laboral robusto y confiable. Sin embargo, la seguridad no puede limitarse a la esfera cotidiana; debe extenderse a la preparación para emergencias, una

manifestación tangible de la prudencia y la previsión. Enfrentar lo inesperado con una planificación detallada y recursos adecuados no solo minimiza los daños potenciales, sino que también demuestra un compromiso continuo con la protección de la vida y la propiedad. Este enfoque holístico no es simplemente un requisito reglamentario, sino una promesa a la integridad. No solo se trata de salvaguardar los cimientos físicos de una estructura en construcción, sino de construir sobre la base más sólida de todas: la seguridad de quienes, con destreza y dedicación, dan vida a las estructuras que definen nuestro entorno. En última instancia, este compromiso con la seguridad industrial no solo moldea proyectos duraderos, sino que también forja un legado de responsabilidad y cuidado en la industria de la construcción.

2.8.7 Principios y prácticas esenciales de la seguridad industrial en cimentaciones

1. Identificación y Evaluación de Riesgos

El primer paso hacia la seguridad industrial efectiva en la construcción de cimentaciones es la identificación y evaluación de los riesgos asociados. Desde peligros geotécnicos hasta la maquinaria utilizada en la excavación, es crucial realizar un análisis exhaustivo de los posibles riesgos. Esto no solo incluye los peligros inmediatos, como colapsos de zanjas o caídas desde alturas, sino también factores ambientales como la presencia de gases tóxicos o condiciones meteorológicas adversas.

La evaluación de riesgos debe llevarse a cabo de manera regular a lo largo del proyecto, ya que las condiciones del sitio y las tareas específicas pueden cambiar. La formación constante de los trabajadores en la identificación y mitigación de riesgos también desempeña un papel crucial en la prevención de accidentes.

2. Formación y Concientización del Personal

La seguridad industrial depende en gran medida de la formación y concientización del personal involucrado en la construcción de cimentaciones. Los trabajadores deben estar familiarizados con

los protocolos de seguridad específicos del sitio, el uso adecuado del equipo de protección personal (EPP) y las medidas de respuesta a emergencias.

La concientización sobre los peligros potenciales y la importancia de seguir los procedimientos de seguridad contribuyen significativamente a la creación de una cultura de seguridad en el lugar de trabajo. La educación continua y las sesiones de capacitación periódicas refuerzan estos principios, asegurando que los trabajadores estén siempre al tanto de las mejores prácticas y las últimas normativas de seguridad.

3. Implementación de Medidas de Control y Prevención

La implementación de medidas de control y prevención es esencial para mitigar los riesgos identificados. Esto puede incluir la instalación de barreras físicas alrededor de áreas peligrosas, la utilización de andamios y plataformas seguras, y la adopción de tecnologías de monitoreo para evaluar constantemente la estabilidad del suelo y la excavación.

La elección y mantenimiento adecuados del equipo de construcción también son factores clave. Las excavadoras, grúas y otras maquinarias deben ser inspeccionadas regularmente para garantizar su funcionamiento seguro. Además, la implementación de procedimientos específicos para la excavación de zanjas y la colocación de encofrados contribuye a evitar derrumbes y otros incidentes graves.

4. Gestión de Emergencias y Planificación de Respuestas

A pesar de todas las medidas preventivas, es crucial contar con un plan de respuesta a emergencias bien estructurado. Esto implica la formación del personal en la utilización de equipos de primeros auxilios, la creación de rutas de evacuación claras y la disponibilidad de equipos de rescate adecuados.

La comunicación efectiva durante situaciones de emergencia es un aspecto crítico de la seguridad industrial. Todos los trabajadores deben estar al tanto de los procedimientos a seguir y las señales de alarma, garantizando una respuesta coordinada y rápida en caso de incidentes.

2.8.8 Función del supervisor en la seguridad industrial de un proyecto.

En el ámbito de la seguridad industrial, la responsabilidad y supervisión son aspectos cruciales para salvaguardar la integridad de los trabajadores y demás personal involucrado en un proyecto. La designación de un responsable dedicado a la seguridad industrial es el primer paso esencial, pero no es suficiente. La supervisión efectiva se convierte en un elemento clave para fortalecer la implementación y el mantenimiento de medidas de seguridad. La relación entre el encargado de seguridad industrial y el supervisor debe ser simbiótica y colaborativa. La supervisión constante implica una comunicación activa y fluida entre ambas partes durante todas las fases del proyecto. Esta comunicación no solo sirve como un medio para monitorear el cumplimiento de los protocolos de seguridad, sino que también permite la identificación temprana de posibles problemas o riesgos.

Una supervisión adecuada no solo se limita a observar la ejecución de tareas, sino que también implica la capacidad de anticiparse a posibles desafíos. Los supervisores, al estar inmersos en la dinámica del proyecto, pueden realizar observaciones críticas que contribuyen a la detección y corrección oportuna de problemas.

“El supervisor no se encarga de la seguridad de los trabajadores, pero puede tomar ciertas consideraciones y brindar sus sugerencias”. -Perla (2023). Esta capacidad de intervención proactiva no solo garantiza la seguridad actual de los trabajadores, sino que también previene riesgos futuros. Es esencial destacar que la supervisión no se limita a señalar errores, sino que también puede desempeñar un papel fundamental en la educación y concientización sobre prácticas seguras. La retroalimentación constante y constructiva fomenta una cultura de seguridad, donde cada miembro del equipo se convierte en un defensor activo de su propia seguridad y la de sus colegas. va más allá de la simple vigilancia; implica la colaboración activa, la detección proactiva de problemas y la promoción de una cultura de seguridad. Al integrar estos elementos,

se establece un entorno donde la seguridad no es solo una responsabilidad puntual, sino una preocupación compartida que se refleja en la ejecución exitosa y segura de cada proyecto.

2.8.9 Qué debe hacer un supervisor al ocurrir un accidente laboral

Un supervisor en un proyecto civil tiene varias responsabilidades en caso de un accidente industrial. Su papel es crucial para garantizar la seguridad de los trabajadores y la gestión adecuada de la situación. Aquí hay algunas acciones que un supervisor puede realizar en caso de un accidente industrial en un proyecto civil:

Evaluación de la Situación:

La evaluación inicial de la situación después de un accidente industrial es crítica. El supervisor debe tener la capacidad de determinar la gravedad del incidente y si hay riesgos adicionales para la seguridad. Esto implica evaluar la magnitud de las lesiones, daños a la propiedad y cualquier amenaza ambiental. La rapidez y precisión en esta fase son fundamentales para una respuesta efectiva.

Asegurar la Seguridad:

La priorización de la seguridad es una responsabilidad continua. El supervisor debe tomar medidas inmediatas para garantizar que la zona del accidente esté segura tanto para los trabajadores como para los equipos de rescate. Esto puede incluir la evacuación de áreas cercanas, la señalización de peligros y la implementación de barreras físicas para prevenir lesiones adicionales.

Coordinación con Equipos de Emergencia:

La colaboración efectiva con los equipos de emergencia es esencial. Esto implica establecer una comunicación clara y coordinar esfuerzos para maximizar la eficiencia de la respuesta. El supervisor debe ser capaz de proporcionar información precisa sobre la naturaleza del accidente, la ubicación de las víctimas y cualquier sustancia peligrosa involucrada.

Investigación Interna:

La investigación interna es crucial para comprender las causas subyacentes del accidente. El supervisor debe liderar o participar activamente en esta investigación, entrevistando a testigos, revisando registros de seguridad y examinando el equipo y las condiciones del lugar. Este proceso no solo busca asignar responsabilidades, sino también identificar deficiencias en los protocolos de seguridad para implementar mejoras.

Preservar la Escena del Accidente:

La preservación de la escena del accidente es vital para una investigación efectiva. El supervisor debe garantizar que ninguna evidencia crítica se contamine o destruya. Esto implica la restricción del acceso a la zona, la documentación fotográfica y la recopilación de pruebas relevantes. Preservar la escena contribuye a una comprensión precisa de los eventos que llevaron al accidente.

Comunicación con el Personal:

La comunicación clara y efectiva con el personal es esencial. El supervisor debe informar a los trabajadores sobre la situación actual, las medidas de seguridad adicionales y cualquier cambio en los procedimientos. La transparencia en la comunicación contribuye a mantener la calma y garantizar que todos estén al tanto de la situación.

Implementación de Medidas Correctivas:

Basándose en los hallazgos de la investigación, el supervisor debe colaborar estrechamente con la gerencia para implementar medidas correctivas. Esto puede incluir actualizaciones en los procedimientos de seguridad, la introducción de nuevas tecnologías o equipos, y la realización de capacitaciones adicionales para el personal. El objetivo es prevenir la repetición de incidentes similares en el futuro.

En conjunto, estas acciones representan la respuesta integral de un supervisor ante un accidente industrial en un proyecto civil, destacando la importancia de la preparación, la eficiencia y el enfoque en la mejora continua de la seguridad laboral.

3.0 CONCLUSIÓN.

La supervisión capaz y efectiva si incide en los resultados finales de la obra, marcando una diferencia muy notoria en la calidad de lo construido, entre las obras que no han sido supervisadas.

En todo el país existe la mano de obra no calificada, y la zona oriental no es la excepción. Cubrir esa problemática para tratar de solucionarla resultaría ser muy difícil y costoso en términos económicos, por lo que se puede tratar de abordar incluyendo supervisión calificada en los proyectos, por pequeños que sean. Puesto que un solo individuo capacitado puede ser capaz de supervisar y dirigir la mano de obra de decenas de trabajadores en un proyecto.

Las ventajas se seguirían propagando, de tal forma que, siempre van a existir constructores que realicen su trabajo basándose en su experiencia en proyectos anteriores, pero, en este caso, resulta más conveniente cuando al menos alguna de esas experiencias ha sido en conjunto con un supervisor o supervisores capacitados que hayan logrado y velado por un adecuado proceso constructivo, pues el constructor absorbe esos conocimientos, el ser humano observa y aprende muy fácil cuando un tema es de su interés. Por lo que si un constructor (albañil, maestro de obra, auxiliar, etc.) aprende buenas praxis sobre los procesos constructivos, en este caso de cimentaciones superficiales, puede replicar esas buenas praxis en otros proyectos similares y se reducirían los inconvenientes que suelen presentarse. Aunque lo que se recomienda es que hubiese siempre un profesional supervisando; no siempre el dueño de un proyecto piensa en invertir en una supervisión por parte de un Ingeniero o Arquitecto. Y menos cuando se trata de proyectos de pequeñas dimensiones como una casa habitacional, una galera, incluso en calles vecinales. Pues el presupuesto muchas veces va ajustado a cubrir solamente los materiales y la mano de obra, es aquí donde representaría una enorme ventaja tener mano de obra calificada, y aunque no fuese así, planteándose un escenario incluso menos favorable pero más común de lo que se cree; al tener mano de obra no calificada, es aquí donde podría agregar mayor confianza que esa mano de obra no calificada hubiese tenido experiencia con supervisión en al menos un proyecto similar anteriormente.

Las cimentaciones al ser la base de toda edificación que las necesite y las emplee, debe ser uno de los elementos a los que mayor cuidado se le debe poner al momento de la ejecución de la obra, y en ello van relacionados entre sí todos los aspectos que garanticen un buen elemento de cimentación: un buen diseño estructural, los estudios de suelo pertinentes, una mano de obra de calidad, y una buena supervisión. No puede construirse un elemento de calidad, si el diseño es deficiente, no se puede diseñar adecuadamente sin los estudios preliminares necesarios, y aun cumpliendo estos parámetros y validándolos, no se puede construir sin una mano de obra adecuada que altere la funcionalidad del diseño estructural por malas prácticas constructivas.

Por lo que; como conclusión general se puede decir que es idóneo y preferible incluir una supervisión en la construcción de las cimentaciones de cualquier obra civil, sin importar que tan pequeña sea. Incluir la supervisión puede prevenir un sinnúmero de problemas a futuro o durante la construcción del resto de elementos de la edificación que implicarían un costo significativo para solucionar o en el peor de los casos, demoler, y volver a construir. El ingeniero civil como profesional de la construcción tiene la obligación moral y ética de ser partícipe en erradicar las malas prácticas constructivas en este rubro y aportar soluciones de valor para alimentar el conocimiento de los trabajadores que componen la mano de obra salvadoreña.

4.0 LISTA DE REFERENCIAS

1. Medina Sánchez, Eduardo. “Construcción de estructuras de hormigón armado. Edificación (2a. ed.)”, Wikipedia, <https://es.wikipedia.org/wiki/Cimentaci%C3%B3n>
2. Ing. Bernardo Napoleón Romero. “Clasificación de suelos por división política de El Salvador”, marzo de 2022.
3. Structuralia, “Cimentación superficial: ¿cuándo se utiliza y qué tipos existen?”, octubre de 2019, <https://blog.structuralia.com/cimentacion>
4. CYPECAP, “Tipos de vigas de cimentación en CYPECAD”, febrero 2022, <https://www.cype.pe/blog/tipos-de-vigas-de-cimentacion-en-cypecad/>
5. Principios de buenas prácticas de construcción: Economía, Calidad y Seguridad. – Consejo Gallego de Colegios de Aparelladores y Arquitectos Técnicos. “Manual de construcción de cimientos”
6. Ingenieros Asesores, “¿Qué tipos de cimentaciones existen?”, Junio de 2023, <https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-tipos-de-cimentaciones-existen/>

5.0 BIBLIOGRAFÍA

- Medina Sánchez, Eduardo. (2003). Construcción de estructuras de hormigón armado. Edificación (2a. ed.). <https://es.wikipedia.org/wiki/Cimentaci%C3%B3n>
- Ing. Bernardo Napoleón Romero. (2022). Clasificación de suelos por división política de El Salvador.
- Structuralia. (2019). Cimentación superficial: ¿cuándo se utiliza y qué tipos existen? <https://blog.structuralia.com/cimentacion>
- CYPECAP. (2022). Tipos de vigas de cimentación en CYPECAD. <https://www.cype.pe/blog/tipos-de-vigas-de-cimentacion-en-cypecad/>
- Ingenieros Asesores. (2023). ¿Qué tipos de cimentaciones existen? <https://ingenierosasesores.com/actualidad/que-tipos-de-cimentaciones-existen/>
- René Cortez. (2020). El rol de la supervisión en obras de infraestructura. <https://blogs.iadb.org/transporte/es/el-rol-de-la-supervision-en-obras-de-infraestructura/>
- Cetys Educación Continua. (2022). Conceptos básicos de seguridad industrial. <https://www.cetys.mx/educon/conceptos-basicos-de-seguridad-industrial/#:~:text=Se%20denomina%20seguridad%20industrial%20al,e%20incluso%20las%20enfermedades%20ocupacionales.>
- Prysmex. (2022). Seguridad Industrial: ¿Qué es y para qué sirve? <https://www.prysmex.com/blog/seguridad-industrial-que-es-y-para-que-sirve>
- Yepes Piqueras. (2014). Procedimientos de construcción de cimentaciones y estructuras de contención. 2^a
- Yepes Piqueras. (2020). Concepto y clasificación de las cimentaciones. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/01/09/concepto-y-clasificacion-de-las-cimentaciones/>