CONSTRUCCIÓN DE TANQUE ENTERRADO Y PISO DE PARQUEADERO EN EDIFICACIÓN DE USO RESIDENCIAL

Procesos y criterios de control de calidad

UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS
Acreditación Institucional de Alta Calidad



INSTRUCTIVO TÉCNICO 2024

Universidad Distrital Francisco José de Calda
Brahiam David Diaz Ortiz
Pasantía 2022-2023
Tutor: Ing. Milton Mena





INTRODUCCIÓN

Pasantía proyecto ALTOS DE SAMAY

Es bien sabido que el ingeniero civil hace un gran aporte a la sociedad y la evolución de la misma, influyendo directa e indirectamente en su desarrollo, teniendo como labor la construcción y mantenimiento de las infraestructuras necesarias para la calidad y vida digna de la sociedad.

El siguiente instructivo nace con la necesidad de mostrar a los lectores el aprendizaje obtenido de los desaciertos y aciertos que se presentaron en la construcción de un piso de parqueadero y la construcción de un piso de parqueadero en una edificación de uso residencial.

El siguiente instructivo tendrá como objetivo que el lector pueda establecer los criterios de aceptación y rechazo para la ejecución de las actividades de construcción del piso del parqueadero y construcción de tanque enterrado del proyecto realizado por la empresa legalmente constituida LONGIENERIA, en donde se presentará una metodología similar a la realizada en el proyecto, dicha metodología presentará ajustes en el cumplimiento de las normas de cada una de las actividades realizadas, además de como la teoría aprendida durante la carrera de Tecnología en Construcciones Civiles es de vital importancia para que cada proceso y ejecución sea el más adecuado para las actividades realizadas.

Para hacer lectura del siguiente instructivo no hace falta de conocimientos previos, ya que para la construcción del mismo se detalla minuciosamente cada concepto y teoría presentada con base en la tecnología del concreto, para que cualquier carrera a fin pueda hacer lectura del mismo, además se busca que el lector pueda darse cuenta de que cada norma, ensayo y ejecución tienen un sentido de aplicación para así generar un pensamiento crítico en el momento de realizar una metodología en las actividades aquí presentadas.

EL CONCRETO

También llamado hormigón, es una mezcla de:

Cemento + Agregados + Arena +Aditivos

El cemento, como material más importante, es la matriz o el pegamento de la mezcla, este material es tan de vital importancia que la empresa española Gloval Building Value, data que se producen al año más de 4000 millones de toneladas de cemento en el mundo (Armenta, G. 2022), es decir que se producen 500 kg de cemento por cada persona en la humanidad, con esta cantidad se pueden producir hasta 2 m^3 de concreto.

El concreto, también conocido como roca artificial, inicialmente es roca líquida, estado que le permite moldearse, una vez endurecido, posee grandes resistencias, es duradero y fácil de producir, siendo un material muy económico empleado en la construcción.

El concreto fabricado comúnmente tiene una resistencia a la compresión de 27 Mpa, que aproximadamente es de 280 kg/cm^2, esto quiere decir que para que el concreto falle o se rompa hace falta de 4 personas de 70 kg, que estén en 1 cm^2 del elemento. Como se puede analizar, el concreto es un material con grandes capacidades mecánicas a esfuerzos de comprensión, pero al ser un material tan rígido, posee una desventaja, la cual es que a esfuerzos de flexión y tracción, se convierte en un material no óptimo.

Para la construcción es muy importante que las estructuras sean sismoresistentes, es decir que deben tener la capacidad de salvaguardas vías humanas durante un sismo, es por ello que las estructuras deben resistir esfuerzos de tracción y flexión.

EL PANTEÓN

Roma- Italia



https://auladehistoria.org/comentario-panteon-de-agripa/

Antiguo templo romano conctruido alrededor del año 126 d.C, es decir que es una estructura que lleva en pie 1898 años, para la contrucción de este templo se realizo con materiales cementicios como la cal viva, que es procuto de la evaporación del CO2 a 1000 °C de la pedra caliza.

Al agregar Cal viva, agua y puzolanas (Ceniza volcanica). Los romanos dieron inicio a una de las formas de hacer cemento. (Seymour, L. M 2023).

Para el año 1824 Joseph Aspdin y James Parker patentaron el primer material que se conocería como Cemento Pórtland que es el cemento como lo conocemos hoy en día.

Concreto reforzado, es el término que se le conoce al concreto que contiene acero en una estructura, donde el acero brinda esas capacidades sismorresistentes. Estos dos elementos, en conjunto, hacen parte de la mayoría de estructuras construidas del mundo, gracias a esta combinación hoy en día podemos ver grandes rascacielos como el Burj Khalifa, que cuenta con una altura de 828 m.

El concreto es un material muy económico, a diferencia del acero, este material representa un gran costo en los proyectos, por ello se cuida del desperdicio y se usa la cantidad mínima para optimizar costos y presupuestos de los proyectos.

Para la fabricación del cemento Portland se realiza la trituración de piedra caliza, componente principal del cemento, además se adiciona arena, arcilla y Limonita, para posteriormente llevarlo a un horno giratorio a 1480 °C, donde por una seria de reacciones químicas van a producir el Clinker, que finalmente se le adiciona Sulfato de calcio (Yeso) para evitar un fraguado relámpago, es decir regular la velocidad de endurecimiento una vez adicionada el agua a la mezcla.

CEMENTO PORTALND



Piera caliza ($CaCO_3$)



Arena y Arcilla (Aporte Si)



Limonita (Aporte Fe)

1480 °C

Clinker

El cemento, contiene en un 96% a 99% de Cal viva (CaO), Sílice (SiO_2), Alumina (Al_2O_3) y Óxido de hierro (Fe_2O_3), donde la Cal y la Sílice representan de un 77% a 95% la composición del clinker. (Sánchez, D, 2001) Los romanos en su cemento primitivo ya usaban la piedra caliza y las puzolanas que le daban el contenido necesario de Sílice para que estructuras como el Panteón sigan en pie hoy 1898 años después.

Propiedades químicas del cemento...

Cuando se toman las materias primas principales (Sílice, Alúmina, Oxido de hierro y Cal) y se llevan a temperaturas a mas de 1000 °C en un horno giratorio se producen deferentes reacciones químicas que llevan a que se produzcan los compuestos principales del cemento, compuestos que forman el clinker. (Sánchez, D, 2001)

Compuesto	Fase	
Silicato tricálcico	Alita	C3S
Silicato dicálcico	Belita	C2S
Aluminio tricálcico	Celita	C3A
Ferroaluminato tetracalsico	Felita	C4AF

Figura 1 - Compuestos del clinker, elaborado a partir de Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. pg 35

Una vez se le agrega al cemento agua, ocurre una reacción llamada hidratación del cemento, esta reacción permite que cada uno de los compuestos principales del clinker aporten a la mezcla, propiedades de resistencias iniciales, máximas, aumentos de temperatura, entre otras.

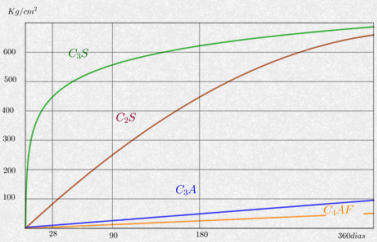


Figura 2 - Resistencia en días de los componentes del clinker a partir de Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Pg 36

La Alita y Belita como se puede ver en la gráfica, le aportan mayor resistencia a la mezcla, la Alita lo hace rápidamente en los primeros 28 días.

Otra propiedad importante es el calor de hidratación, a medida que el cemento produce cambios físicos y químicos, sé libera energía en forma de calor, aumentando la temperatura de la mezcla.

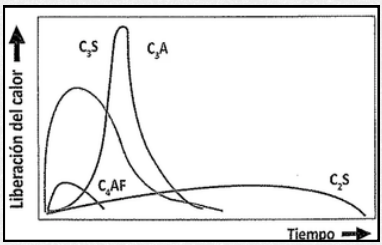


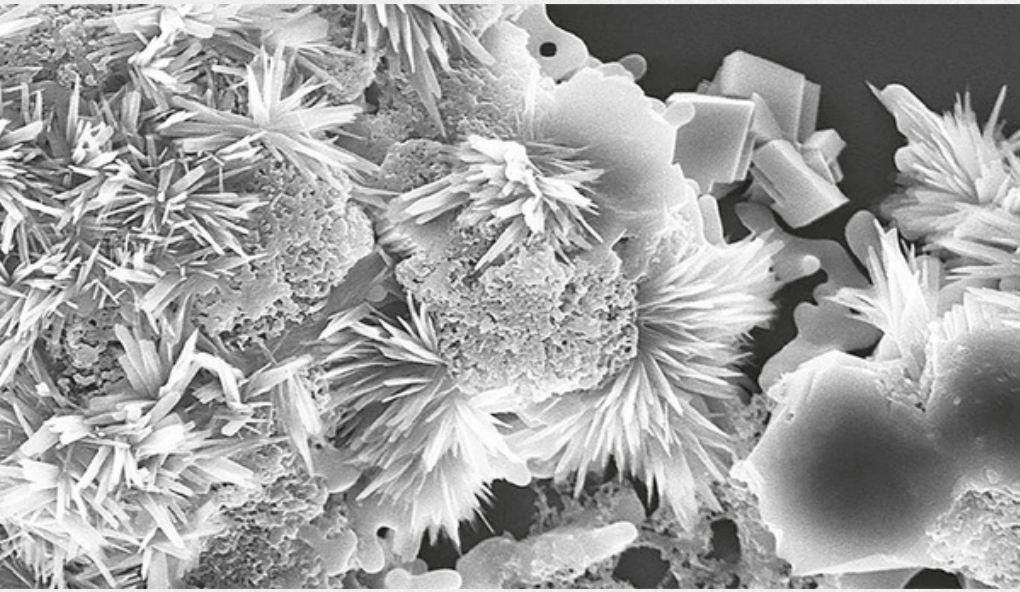
Figura 3 - Calor de hidratación de los compuestos del clinker. Fuente: Tecnología de concreto: Tomo 1 Materiales, propiedades y diseño de mezclas.

Al momento de fabricar cemento es muy importante caracterizar cada aporte que da cada componente principal del clinker, en la siguiente tabla podemos ver estas caracteristicas.

Compuesto	C3S	C2S	C3A	C4AF
Resistencia	buena	buena	pobre	pobre
Intensidad de reación	media	lenta	rapida	rapida
Calor desarrollado	medio	bajo	alto	bajo
Resistencia a los sulfatos	buena	buena	pobre	media

Figura 4 - Compuestos del clinker, elaborado a partir de Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. pg 41

Como no menos importante, se puede resaltar que la Felita (C4AF), aunque constituya un porcentaje bajo de los componentes potenciales del clinker, que es de 5% a 15% y le dé un aporte mínimo a la resistencia final de la mezcla, es el que determina el color característico grisáceo que tiene el cemento. (Sánchez, D, 2001)



https://www.cpi-worldwide.com/es/journals/artikel/66396

Tipos de cemento...

Es muy importante a la hora de realizar una construcción tener en cuenta el tipo de estructura, características del contexto, es decir, el concreto a qué tipo de ambiente se va a exponer, ya que en el mercado actual existen cinco tipos de concreto, cada uno con especificaciones diferentes. En Colombia los cementos se clasifican según la NTC 121:

- Cemento Tipo I: Uso general
- Tipo II(MH): Moderado calor de hidratación
- Tipo III: Altas resistencias iniciales
- Tipo IV: bajo calor de hidratación
- Tipo V: Alta resistencia a sulfatos

En el momento de la producción del cemento se convierte en factor clave controlar los componentes potenciales del Clinker.

Si se quiere un concreto de altas resistencias tempranas se potencia el C2S y C3S, Si se quiere realizar una estructura con la más duras condiciones geográficas como próximas al mar, se debe hacer uso de un cemento Tipo V, en el cual se potencia el C2S y C3S y se controla el C3A.

En el contexto actual del proyecto, si se optará por fundir una cantidad de más de 250 m^2, en un solo día, la temperatura de la mezcla va a experimentar aumentos bruscos, produciendo dilataciones y contracciones, generando fisuras en el concreto, es por ello que se debe utilizar un cemento de bajo o moderado calor de hidratación, lo que implica en la producción controlar el C3A y C3S.

Hidratación del cemento...

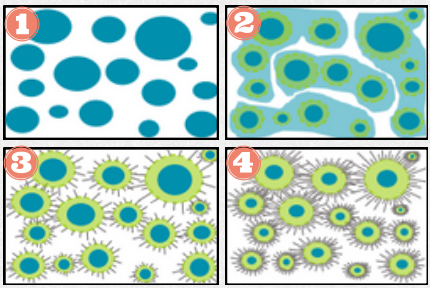


Figura 5 - Representación gráfica hidratación del cemento, fuente: Alión Fortacret, ingeniera Laura Lopera

En un tiempo cero, es decir, antes de adicionar agua a la mezcla, se tienen los granos sueltos de cemento, una vez se agrega el agua se empieza a formar un gel alrededor de las partículas de cemento, llamado Tobermorita (C-S-H), este gel va cambiando de densidad con el tiempo además que permite que los compuestos cristalinos retiren el agua del gel para desarrollarse como por ejemplo la portlantita Ca(OH)2, responsable de proteger el acero frente a la oxidación. Lopera, C. (2021)

Como se puede ver representado en las imágenes, las partículas de cemento se desarrollan desde su superficie hacia el interior, endureciendo la mezcla en aproximadamente una hora, es por ello que se hace muy importante que durante los 14 días próximos a la reacción del cemento sea curado el elemento fundido, para que cada partícula de cemento termine de desarrollarse.

Como hemos visto, durante la hidratación del cemento se empiezan a formar pequeños cristales, que se van entrelazando entre sí, este comportamiento físico permite que el concreto desarrolle una resistencia.

Otra reacción importante ocurrida es la reacción de etringita, que es producto de la combinación del clinker y el yeso, permitiendo así, que la mezcla tarde una hora en fraguarse y no ocurra un fraguado relámpago, es decir, que la mezcla empiece a reaccionar rápidamente, produciendo que sea poco manejable la mezcla.

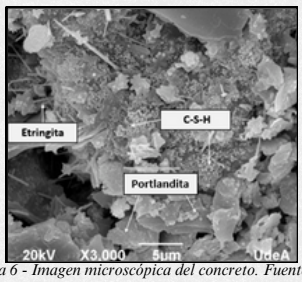


Figura 6 - Imagen microscópica del concreto. Fuente: Giraldo M, (2006). Evolución mineralógica del cemento portland durante el proceso de hidratación.

Para que la reacción de hidratación del cemento ocurra en una partícula de 1g cemento, se necesita solamente de 0,3 gramos de agua, es por ello que se debe utilizar la menor cantidad de agua posible o también conocido con el término a/c (relación agua cemento), es importante que esta relación sea baja y solo se necesite la cantidad necesaria para la manejabilidad de la mezcla. Lopera, C. (2021)



Imagen tomada de Canva.com

Aditivos...

Para potencializar y optimizar las características del concreto en estado fresco o endurecido se hace uso de productos químicos llamados aditivos. Según la NTC 1299 se clasifican en:

Tipo A. Aditivos reductores de agua.
Tipo B. Aditivos retardantes.
Tipo C. Aditivos acelerantes.
Tipo D. Aditivos reductores de agua y retardantes.
Tipo E. Aditivos reductores de agua y acelerantes.
Tipo F. Aditivos reductores de agua de alto rango.
Tipo G. Aditivos reductores de agua de alto rango y retardantes

Es importan resaltar "*que aunque los aditivos propiamente usados son benéficos para el concreto, no son ningún remedio para ingredientes de mala calidad de la mezcla, para uso de proporciones de mezcla incorrectas, o para mal manejo en · el transporte, colocación y compactación*" (Neville 2013)

Los aditivos actúan sobre los componentes potenciales del cemento, como por ejemplo un aditivo acelerante, que tiene como funcionalidad aumentar la resistencia del concreto a edades tempranas, el aditivo va a actuar esencialmente sobre el C3S.

De ese modo, en la construcción se hace de vital importancia hacer uso de aditivos para poder cumplir las especificaciones particulares de cada proyecto.

¿Como hacer el mejor concreto?...

Pregunta clave que debe realizarse todo futuro ingeniero civil, debido a que el concreto como lo hemos visto es una materia prima en toda obra.

Los componentes del mejor concreto son los materiales cementantes, arena, agregados, agua y según las necesidades, aditivos, fibras, entre otros. Sin embargo, los componentes del peor concreto, son los mismos, la diferencia radica en el saber hacer (Neville, 2013).

Para hacer el mejor concreto se deben considerar dos preguntas claves, ¿para qué?, y el ¿Cómo hacer? Para responder a la primera, estamos hablando, del ambiente en el que se va a exponer ese concreto. En la NSR 10 en el título C.4.2.1- Se pueden ver las categorías y clases de exposición a las que se somete un concreto, entre ellas congelamiento y deshielo; resistencia a los sulfatos, entre otras. Además, en el mismo título, en la sección C.4.3.1, determina unas relaciones agua, cemento (a/c) y resistencias que deben tener las mezclas para que tengan durabilidad en dichas exposiciones. La NTC 5551 también trata este tema, si se requiere ampliar más esta información.

Como se puede ver esta norma determina una a/c dependiendo de la exposición, además es bien sabido que del 100% del agua que se adiciona a una mezcla aproximadamente del 25% al 30% es la que reacciona con las partículas del cemento, el agua restante se evapora, produciendo que se produzcan espacios vacíos en la pasta de cemento. es por ello que se hace de vital importancia hablar de a/c para diseñar el mejor concreto.

Hasta el momento hemos visto las características que debe tener el cemento para la mejor mezcla; como todo buen ingeniero debe pensar en todas las posibilidades y abarcar cada uno de los detalles de los materiales que componen el concreto. es por ello que se debe hablar de los agregados.

AGREGADOS

Según tecnología del concreto y del mortero de Diego Sánchez, los agregados se clasifican según su tamaño, procedencia y densidad.

Tamaño de las partículas en mm (pulg.)	*Denominación más corriente*
Inferior a 0,002	Arcilla
Entre 0,002 - 0,074 (No. 200)	Limo
Entre 0,074 - 4,76 (No. 200) - (No. 4)	Arena
Entre 4,76 - 19.1 (No. 4) - (3/4")	Gravilla
Entre 19.1 - 50.8 (3/4") - (2")	Grava
Entre 50.8 - 152.4 (92") - (6")	Piedra
Superior a 152.4 (6")	Rajón, piedra bola

Figura 8 - Clasificación del concreto según su tamaño. Fuente: Tecnología del concreto y del mortero Diego Sánchez, (2001). pag 71

"Al menos tres cuartas partes del volumen del concreto están ocupadas por agregado, no es de extrañar de que la calidad de éste sea de suma importancia". (Neville, 2013)

En un buen concreto se busca que cumpla con las características de resistencia deseadas, es por ello que influye la forma, la densidad y el tamaño del agregado. Un agregado plano se puede fracturar con mayor facilidad que un agregado angular, adicional un agregado angular tiene una mayor adherencia.

Del mismo modo, sucede con un agregado más denso y menos denso. Adicional, un tamaño del agregado más grande va a proporcionar al concreto una mayor resistencia.

Otra característica importante es el empaquetamiento de los agregados.

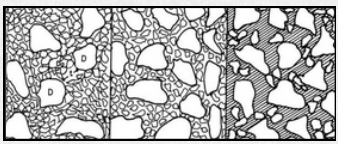


Figura 8 - Distribución de los tamaños de agregado. Fuente: Tecnología del concreto y del mortero Diego Sánchez, (2001). pag 81

Se busca que los tamaños de partícula tengan una buena distribución o estén bien gradados, ya que se debe procurar que toda particula puedan ocupar todos los espacios vacíos de la mezcla, no dejando de lado la resistencia de la misma, es por ello que es importante analizar el siguiente ejemplo que nos propone la cementera Alion de Corona.

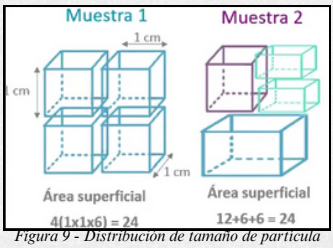


Figura 9 - Distribución de tamaño de partícula fuente: alion.com.co/elreto/

Como se puede ver en *Figura 9*, no es necesario que todas las partículas tengan el mismo tamaño para tener un buen empaquetamiento, se realiza la comparación según área superficial de 4 partículas, por un lado del mismo tamaño y por el otro de diferentes tamaños, teniendo en ambos ejemplos la misma área superficial. En este ejemplo se supone unas partículas de sección cuadrada, en la vida real los agregados tienen diferentes características, por este motivo se realiza un análisis granulométrico en los agregados.

Otra característica importante es la absorción de los agregados, característica que se debe considerar en un diseño de mezclas, debido a que, se debe calcular la cantidad óptima de agua considerando estas absorciones, además que, cuando se habla del mejor concreto, se quiere un concreto con una gran durabilidad, por esa razón una vez endurecido y puesto al servicio se procurará que el agua transite lo menos posible por el elemento, algo que no sucede en mezclas porosas sumado a agregados con alta absorción.

En ese sentido, el mejor concreto es el que tiene a/c más baja, es decir, el uso de poca agua; agregados angulosos, una mezcla con agregados de todos los tamaños, procurando la mejor compacidad, predominando los agregados más grandes; además agregados más densos con una baja absorción. A priori hacer el mejor concreto no se percibe de mayor dificultad, pero un concreto con las características enunciadas es un concreto poco manejable, un concreto que puede segregarse con mayor facilidad, por lo tanto, realizar el mejor concreto se basa en realizar un buen diseño de mezcla, adicional la ejecución de colocación de la mezcla de concreto, por ese motivo se presenta ese gran reto en el diseño de mezclas, en conclusión, el mejor concreto tiene las siguientes características:

- Buena compacidad.
- Baja absorción de los agregados
- Ausencia de materia orgánica en los agregados.
- Agregados angulosos en su mayoría, agregados lisos, mejoran la manejabilidad.
- Una a/c óptima y baja.
- Buena manejabilidad.
- Selección del tipo adecuado del cemento
- Aditivos, fibras, puzolanas según las necesidades.
- Un correcto vibrado y fraguado.

Anteriormente, se enunció el “diseño de mezclas”, actualmente el método más común usado es el método ACI, que se basa en los siguientes pasos principales: (Cordero, 2018)

1. Cálculo de resistencia promedio requerida
2. Contenido de aire.
3. Contenido de Agua
4. Relación a/c
5. Contenido de cemento
6. Peso de agregado grueso
7. Peso del agregado fino
8. Diseño en estado seco
9. Corrección por humedad de los agregados.
10. Aporte de agua a la mezcla.

Después del análisis de como hacer el mejor concreto, los pasos expuestos tienen total sentido de aplicación en el momento de realizar un diseño de mezclas.

Adicional se mencionó otras características para hacer el mejor concreto, que son las de ejecución, fraguado y vibrado, actividades que se mencionaran paso a paso en este instructivo en próximos capítulos.

Finalmente, en Anexos puede ver enunciado algunos ensayos realizados al cemento y los agregados, ensayos esenciales para hacer el mejor concreto y potencializar esas características que proporciona el concreto en obras civiles.

COMO FUNDIR PLACA PARA PARQUEADERO

Procesos y criterios de control de calidad

En capítulos anteriores se trató de un sistema teórico esencial para fundamentar el criterio, mostrando la importancia para el paso a paso de la ejecución para construcción de una placa de parqueadero en concreto, a continuación analizaremos el proceso de ejecución, es decir, “el cómo se hace”. Para ello se plantea el siguiente proceso constructivo.

1. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES

1.1. Análisis de planos

1.2. Análisis del contexto

1.3. Diseño de juntas

2. ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL.

2.1. Concreto

2.2. Acero

3. PREPARACIÓN

3.1. Análisis de pendientes.

3.2. Relleno y compactación. .

3.3. Instalación de mallas

3.4. Preparación para la colocación del concreto.

4. EJECUCIÓN DE OBRA

4.1. Control de calidad del concreto fresco

4.2. Medición de niveles

4.3. Vaciado del concreto

4.4. Acabado final.

4.5. Corte de juntas

4.6. Verificaciones y control de calidad generales

5. ACTIVIDADES FINALES

5.1. Curado.

5.2. Inspección para corrección de errores.

5.3. Tratamiento de juntas.



1. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES

Como lo indica la NSR-10 en el título A, toda edificación debe tener un estudio geotécnico, diseño arquitectónico y diseño estructural. Es por ello que estos tres requisitos se deben tener en cuenta para la construcción de una placa de parqueadero, es relevante resaltar que si esta placa se fuera a construir para un entrepiso, debe cumplir requerimientos sismorresistentes. Como objetivo de este instructivo se determina para la construcción de placa de parqueadero construida en contrapiso de una edificación, aunque sea un elemento aislado al sistema estructural, debe tenerse en cuenta requerimientos para que en el momento de un sismo, la placa no afecte dichos elementos.

1.1 **Análisis de planos.**

En toda construcción civil, se deben tener en cuenta los planos arquitectónicos y estructurales, ya que los mismos nos van a brindar la información necesaria para el análisis de la ejecución de obra, en el caso de este proceso es importante tener áreas de la placa, espesores; cantidades y distribución de acero, de esa manera podemos tener en cuenta las cantidades de materiales que se necesitan para ejecutar la obra.

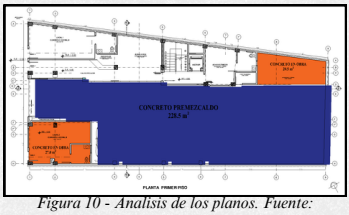


Figura 10 - Análisis de los planos. Fuente: Elaboración propia a partir de planos ALTOS SAMAY.

1.2. Análisis del contexto.

La primera decisión a tomar es si el concreto va a ser fabricado in situ o va a ser adquirido a través de una cementera (Premezclado).

Esta decisión es tomada dependiendo al acceso a la obra, presupuesto, resistencias deseadas y uso, para placas de parqueadero es recomendable el concreto premezclado, que como se pudo ver anteriormente, el diseño de una mezcla para un buen concreto depende de muchos factores, que no se tienen en cuenta, cuando se diseña concreto en obra. Estos factores son:

- Relaciones a/c
- Cálculo de cantidades por peso y no por volumen y mucho menos empíricos.
- Selección correcta de materiales.
- Dosificaciones correctas para alcanzar resistencias deseadas.

En la obra Altos de Samay se toma la decisión de usar concreto premezclado para la placa del parqueadero *Figura 10* donde habrá tránsito de vehículos (Azul) y donde habrá tránsito de personas, realizar el concreto in situ (Naranja). Estas decisiones deben ser tomadas dependiendo el contexto de la obra y las cantidades de concreto a utilizar, teniendo en cuenta que normalmente las cementaras envían cargas de 5 a 6 m^3 de concreto, aumentando el costo si se quiere una cantidad menor.

En las especificaciones preliminares se deben considerar todas las posibilidades y preguntas para la ejecución del proyecto, entre ellas:

1. Acceso a la obra, es decir, donde se va a situar la mixer.
2. Vaciado del concreto, en este punto se debe tener en cuenta que las cementaras proporcionan menos de una hora para este proceso, adicional que pasada una hora en concretos sin retardantes llegan a su fraguado final, por ese motivo, este proceso debe ser rápido una vez el concreto este en obra.
3. Análisis de presupuestos y de personal para la ejecución del proyecto, este proceso se vuelve muy empírico, debido a que el rendimiento de la mano de obra es variable.
4. Finalmente, se debe considerar maquinaria y equipos que se necesitan para la ejecución.



Figura 11-localización obra. Elaboración propia a partir de planos ALTOS SAMAY.

En Altos de Samay, *Figura 11*, se presentaba la falta de acceso a la obra, debido a calles de alto flujo vehicular y muy angostas, razón por la cual los ingenieros toman la decisión de usar lote vecino para el acceso a la mixer.

EL DESAFIO DEL TRANSPORTE DEL CONCRETO

Concreto premezclado



El concreto puede tener el mejor diseño de mezcla, pero el transporte del concreto se convierte en un factor clave, para que la mezcla no se vea afectada. Se pueden presentar desafíos de tráfico, zonas de difícil acceso, zonas de altas temperaturas, entre otros; en este último, cementeras optan por considerar en el diseño de mezcla agregar hielo para evitar aumentos bruscos en la temperatura durante su transporte.

1.3 Diseño de juntas

Un piso de concreto, suficientemente grande, naturalmente tendera a sufrir en un primer momento fisuras por restricción a la contracción y más tarde por restricción al alabeo (Becker 2019)

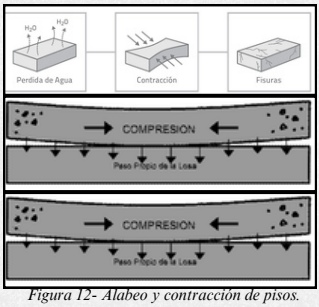


Figura 12- Alabeo y contracción de pisos. fuente: www.archdaily.co ; www.expohormigon.cl

Un buen diseño de un piso en concreto es en el cual se prevén la generación descontrolada de estas fisuras, según (Becker 2019) para el diseño se tienen en cuenta cuatro tipos de juntas que cumplen una función específica, las cuales son:

Juntas de contracción: Alivian las tensiones generadas por secado y/o enfriamiento del concreto que producen esfuerzos de contracción.

Para su diseño se recomienda realizar el corte (Aserrado) de 1/3 a 1/4 de la losa con una abertura de 3 mm, de ese modo para una losa de 10 cm el aserrado es de 2.5 a 3 cm. *Figura 13*

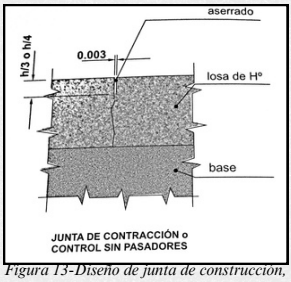


Figura 13-Diseño de junta de construcción, fuente: Pisos industriales de hormigón, Becker Edgardo, 2019.

Juntas de control: Controlan la generación de fisuras por alabeo, además controlan los efectos de contracción en dirección ortogonal a las juntas de contracción, para su diseño se recomienda un aserrado en profundidad no mayor a 1/4 del espesor. Ya que estas van en dirección ortogonal a juntas de contracción, su distribución se puede ver en *Figura 14.*

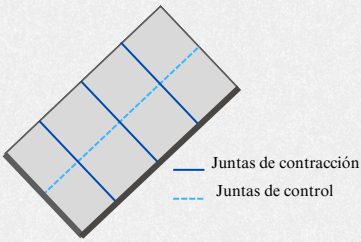


Figura 14-Distribución de juntas de control y construcción, elaboración propia.

Juntas de construcción: Se realizan por la interrupción de la jornada de trabajo. Esta depende de la capacidad de producción de concreto, rendimiento de equipos y mano de obra.

Estas juntas también pueden cumplir la función de juntas de contracción, en tal caso se deben considerar un sistema de transferencia como pasadores.

Juntas de aislación: Como su nombre lo indica, permite aislar toda transferencia de esfuerzos con otros elementos estructurales o no estructurales, esto van por lo general alrededor de columnas y perímetros de los pisos.

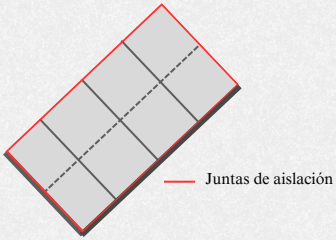


Figura 15-Juntas de aislación, elaboración propia.

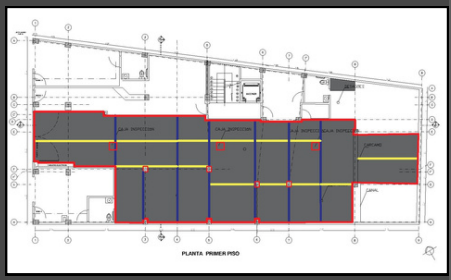
Distribución de juntas:

El diseñador debe establecer la distribución de las juntas, está por lo general va condicionada a la geometría del piso, distribución de columnas y el aspecto visual. Según (Becker 2019) El tamaño de las losas puede ser de (4.00 x 5.00) m o (6.00 x 5.00) m para pisos de superficie reducida y para pisos de grandes áreas de (12.0 x 10.0) m o (24.0 x 30.0) m. Para el diseño y distribución de las juntas se debe tener en cuenta:

- Más juntas de control y contracción, permite mayor control de fisuras, teniendo en cuenta que, a futuro, se tendrá un mayor gasto por mantenimiento.
- Menos juntas de control y contracción, menor control de fisuras, adicional menor gasto por mantenimiento. En este caso se debe considerar ajustes con pasadores.

DISEÑO DE SAMAY

Distribución de juntas



Juntas de aislación
Juntas de contracción
Juntas de control

Como se puede ver en el diseño de la obra Altos de Samay, las juntas de aislación se consideraron en el perímetro del piso, también rodeando las columnas, cárcamos y cajas de inspección, para un total de 103 m, en el caso de las juntas de control y contracción se realizó la misma ejecución, con una medida total de 41 y 48 m, respectivamente.

Las medidas de las losas en este piso son variables porque se diseñó durante la construcción, considerando el aspecto estético en este proyecto. La losa más pequeña tiene una medida de (2.0 x 2.5) m y la losa más grande con una medida de (6.05 x 2.35) m.

El proceso de ejecución para fundir el piso del parqueadero se realizó en cuatro etapas, en la primera etapa no se tuvo en cuenta las juntas de construcción, causando que la junta no cumpliera con las funciones de contracción. En un primer momento no se determina cantidad y distribución final del concreto, afectando el aspecto estético del piso. Estos errores son causa de no considerar un diseño de juntas previo a ejecución de un proyecto.

2. ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL

La elección de los materiales óptimos es muy importante a la hora de la construcción, porque nos va a permitir garantizar la vida útil de los elementos construidos, además de, garantizar la estabilidad de los mismos, en esta sección se tiene en cuenta los materiales más importantes para la construcción de la placa del piso del parqueadero de una obra, los cuales son el concreto y acero.

2.1 Concreto

Para la elección del material adecuado se debe tener en cuenta la dosificación del concreto como lo indica la NSR-10 C.5.2.1

Trabajabilidad y consistencia que permitan colocar fácilmente el concreto dentro del encofrado y alrededor del refuerzo bajo las condiciones de colocación que vayan a emplearse, sin segregación ni exudación excesiva.

Es por ello que es importante identificar la dosificación, asentamientos y tamaño máximo nominal al comprar el concreto premezclado, ya que la trabajabilidad es muy importante al momento de colocación del concreto para evitar propagación de errores en obra, de esa manera llevar a cabo el correcto control de calidad y de ejecución de la placa de parqueadero.

En el mercado de concreto premezclado se puede encontrar una gran variedad de especificaciones técnicas en el material, para la elección del concreto adecuado se tienen las siguientes características:

1. Si el concreto es bombeable o no, dependiendo del acceso que se tenga en el contexto de la obra, siempre es importante que sea bombeable para optimizar tiempo y mano de obra.
2. Resistencia del concreto a los 28 días.
3. Si el Concreto para parqueadero es para tránsito de tráfico liviano o pesado.
4. Reactividad y durabilidad referente a derrames de gasolina o Diésel.
5. Tiempos de fraguado.
6. Precio y cobro de recargos establecidas en las clausulas por el contratista.

Para el año 2024 en el mercado encontramos las siguientes especificaciones técnicas.

PROVEEDOR	NOMENCLATURA	RESISTENCIA		ASENTAMIENTO
		PSI Lbf/in².	Mpa N/mm².	Pulgadas. NTC 396
ARGOS	C. PLASTICO 3000PSI TM 1"	3000	20	5"
	C PLASTICO 4000PSI TM1"	4000	27	5"
TREMIX	MR 36 3" 28 Dias	4000	28	3"

Figura 16- Oferta para concretos para parqueadero. Elaboración propia a partir de cotizaciones realizadas en Altos de Samay

La ventaja del concreto plástico de 3000 PSI y 4000 PSI, es que puede bombearse a diferencia del concreto MR, concreto con agregados de gran tamaño que disminuyen la manejabilidad de la mezcla.

Concreto MR

Es un concreto que está diseñado y a disposición a resistir esfuerzos a flexión, impuesto especialmente para paso de vehículos, cuenta con los siguientes beneficios: (Cemex, 2023)

- Mayor resistencia a los derrames de gasolina y Diesel.
- Permite aplicar diferentes técnicas para dar textura a la superficie e incrementar su seguridad.
- Gran resistencia a esfuerzos cortantes o de flexión, presentando gran vida útil de los elementos fundidos con este concreto.

Este tipo de concretos tienen usos en calles, avenidas, autopistas, pistas de aeropuertos, plataformas de aeronaves, zonas industriales, entre otros usos.

Este concreto tiene abundantes ventajas frente a un concreto plástico, además que es el más apto en este tipo de trabajos, pero como se enunció en un comienzo, el “saber hacer” es fundamental, por esa razón se recomienda el uso de este concreto siempre y cuando se garantice suficiente personal capacitado con las herramientas necesarias, se recomienda solicitud de asentamiento superior a 5" si las condiciones de colocado no son las más óptimas y en la medida de lo posible considerar el uso de aditivos plastificantes para su colocación.

LAS CLÁUSULAS DEL DESCARGUE

Concreto premezclado



Para la toma de decisiones frente a la ejecución de obra, optimización de tiempos y presupuestos es relevante conocer las cláusulas más comunes en los contratos de compra de concreto premezclado:

1. Se realizan recargos cuando no se realiza el descargue en tiempos establecidos (40 a 60 min).
2. Se generarán recargos, días festivos y horarios nocturnos.
3. Se generarán recargos si el contratante quiere realizar una reubicación del concreto.
4. Generalmente, no se despachan cantidades menores a 2 m^3, adicional que cuando las cargas son menores a 6 m^3 se cobraran excedentes por cada metro cúbico.
5. Se cobrarán tarifas ambientales por devolución del concreto, estas pueden significar hasta el 50% del valor de un metro cúbico de concreto.



Imagen tomada de Canva.com

2.2. Acero

Las especificaciones de cantidades de acero, distribución, especificaciones técnicas de traslapo y de corte deben estar contenidas en los planos estructurales y prevista por el ingeniero estructural. Para una placa de parqueadero se usarán mallas electrosoldadas generalmente XX-159 para uso peatonal y XX-159 o superior para uso vehicular. *Figura 17.*

Ref.	N° de Barras por malla.		Diámetro		Separación		Longitud de pelos		Peso	Cuantía principal
	Long	Transv	Long	Transv	long	transv	long	transv		nominal
	6.00m	2.35m	mm	mm	mm	mm	mm	mm	kg	Cm2/m
XX-Mallas electrosoldadas con refuerzo principal en dos direcciones.										
XX-050	10	24	4,0	4,0	250	250	125	50	11,5	0,50
XX-063	12	30	4,0	4,0	200	200	100	75	14,1	0,63
XX-084	16	40	4,0	4,0	150	150	75	50	18,8	0,84
XX-106	16	40	4,5	4,5	150	150	75	50	23,8	1,06
XX-131	16	40	5,0	5,0	150	150	75	50	29,3	1,31
XX-159	16	40	5,5	5,5	150	150	75	50	35,5	1,59
XX-188	16	40	6,0	6,0	150	150	75	50	42,2	1,88
XX-221	16	40	6,5	6,5	150	150	75	50	49,6	2,21
XX-257	16	40	7,0	7,0	150	150	75	50	57,4	2,57
XX-295	16	40	7,5	7,5	150	150	75	50	65,9	2,95
XX-335	16	40	8,0	8,0	150	150	75	50	75,1	3,35
XX-378	16	40	8,5	8,5	150	150	75	50	84,7	3,78

Figura 17- clasificación de mallas electrosoldadas con refuerzo principal en dos direcciones. fuente: elaboración propia a partir de ficha técnica de mallas electro soldadas empresa Gerdaudiaco.

Es importante tener en cuenta que las mallas electrosoldadas no están diseñadas para elementos sismorresistentes, como placas de entrepiso. Tiene como función reforzar la placa, aportando mayor seguridad, flexibilidad y resistencia, además de garantizar mayor durabilidad al concreto frente a los cambios de temperatura que ocurren durante el fraguado.

3. PREPARACIÓN

3.1. Análisis de las pendientes.

En una placa de parqueadero es fundamental el correcto drenaje, por ese motivo, antes de la preparación del terreno deben ya estar dispuestas cajas de inspección, tuberías de desagües instaladas y marcadas.

Un buen drenaje garantiza el aumento de la vida útil de la placa del parqueadero, más aún cuando este es descubierto y se encuentra expuesto a lluvias.

Si no se cuenta con especificaciones de niveles en los planos, para el diseño se deben considerar los puntos de desagües, cárcamos y cajas de inspección, debe realizarse el análisis de las pendientes antes de realizar la preparación del terreno, usualmente si no se especifica en los planos este análisis se realiza directamente en los puntos al momento de establecer los niveles.



Figura 18-Análisis de pendientes en parqueadero. Elaboración propia a partir de cotizaciones realizadas en Altos de Samay

Para realizar los pendientados de cada plano anteriormente descrito se van a tener En cuenta las siguientes características:

1. Las caídas de desnivel deben ir dirigidas con la finalidad que alcancen el desagüe.
2. Evitar recorridos extensos de agua, ya que no puede evacuar totalmente, puesto que se estancará por la porosidad del concreto en forma de humedad.
3. Para generar inclinación en los planos deberán considerarse dos vértices del mismo.

3.2. Relleno y compactación

Aunque esta etapa en las programaciones de obra debe ser prevista posterior a la cimentación, donde, las especificaciones técnicas y de control de calidad dependen de los estudios de suelos. En muchas ocasiones son contempladas en otro momento de la programación, por lo que para asegurar una adecuada compactación y nivelación se usa comúnmente:

Recebo B200

Para el control de calidad del recebo, se deben considerar factores clave como resistencia, dureza y limpieza, incluyendo que el material tenga tamaños inferiores a 3" y que el 50% del material que pasa por el tamiz No. 40 tenga un índice de plasticidad menor al 10% y un límite líquido inferior al 30%.

Maquinaria y equipo:

El equipo recomendado para no más de 40 m² de compactación es la placa vibratoria, también llamada rana, es una máquina compuesta por un brazo y una bandeja vibratoria que compacta el terreno. Un motor hace vibrar la bandeja, la cual ejerce una fuerza de presión sobre el terreno, quitando así el aire acumulado del terreno, mejorando la capacidad mecánica del mismo.

Los equipos más utilizados son la placa vibratoria manual, rodillo vibratorio con operario, rodillo ligero de lanza y máquinas de compactación pesada, siendo esta última, la más usadas para trabajos de grandes extensiones de tierra. *Figura 19*



Figura 19- Maquinaria para compactación, fuente: www.mapsacatalogo.com

Ejecución:

Una vez escogida la maquinaria más apta para la compactación, se debe realizar un proceso uniforme, se va humedeciendo el suelo, teniendo en cuenta, las nivelaciones que previamente están especificadas, considerando, desagües, cárcamos y salidas del parqueadero, para esta trazabilidad se usa nivel láser, hilo y lápiz rojo para la guía de los niveles.

Control de calidad de la compactación.

Una correcta compactación tiene una gran influencia en la calidad final del piso de parqueadero, por tanto, hacer este procedimiento de manera errónea, puede producir sobreesfuerzos sobre el piso de concreto, disminuyendo la vida útil del elemento.

Debe existir un estudio de suelo previo mediante sondeos, que debe contener análisis granulométricos, asentamientos, límites, capacidad de soporte, carga última del suelo, dependiendo de las necesidades de la construcción. (Becker, 2019)

Para la supervisión y control de calidad es importante tener en cuenta *Figura 20*

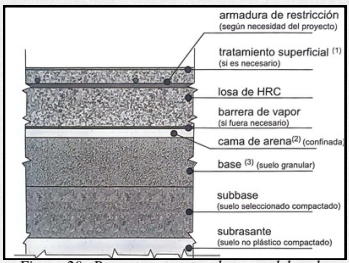


Figura 20- Paquete estructural, capas del suelo, fuente: Pisos industriales de hormigón, Becker Alejandro (2019) pag 109

El diseño de una placa de piso de parqueadero no solo depende del buen colocado del concreto, sino que depende de la calidad del suelo sobre el cual está apoyado el piso, es por ello que es muy importante tener en cuenta que cada una de las capas del suelo cumplan con características apropiadas de espesor y resistencia (Flexión, compresión corte y desgaste).

3.3 Instalación de mallas electrosoldadas:

Las mallas electrosoldadas ofrecen una serie de beneficios clave en la construcción, su instalación sencilla reduce la mano de obra y el uso de materiales, mientras que su resistencia y versatilidad garantizan un refuerzo estructural eficaz en diferentes aplicaciones. Además, la facilidad, de su transporte y almacenamiento contribuyen a una mayor eficiencia en el sitio de trabajo.

Antes de la instalación y vaciado del concreto deben tenerse en cuenta todas las instalaciones eléctricas, hidráulicas, de gas u otras que se especifiquen en el diseño que debe estar en los planos del proyecto.

Para el control de calidad para la instalación de las mallas electrosoldadas deben tenerse en cuenta cuatro aspectos fundamentales, que se va a dividir en almacenamiento, distanciadores, traslapos y recubrimientos.

Almacenamiento:

Para el almacenaje de las mallas debe tenerse en cuenta que estas no deben tener contacto con el suelo o agentes contaminantes que corroan el material.

Para obras de gran extensión es importante el almacenaje por clasificación. En caso de que el terreno de la obra sea pequeño, las mallas pueden ser almacenadas apoyándolos contra un muro o contra caballetes. *Figura 21*

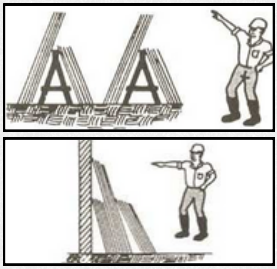


Figura 21- Almacenaje de mallas electrosoldadas fuente: Manual de instalación de mallas electrosoldadas, Prodac 2008 pg 23

Distanciadores:

Es my importante separar las mallas del suelo, para cumplir con el recubrimiento y el acero no quede expuesto al ambiente, por ello antes de la instalación de las mallas se deben poner, distanciadores que comúnmente son dados de concreto hechos en obra, su altura depende principalmente del recubrimiento y espesor de la losa.

Recubrimiento:

Se deben considerar tolerancias para colocación del refuerzo. C.7.5.2.1NSR 10

El recubrimiento debe ser de 50 mm a 40 mm con una tolerancia de 10 mm. Por lo tanto, la altura de los distanciadores puede ser de 40 mm, ya que cumpliría la tolerancia especificada en la NSR10.



Figura 22- Instalación de malla

Traslapos:

Todos los cortes y traslapos deben especificarse en los planos estructurales, para el control de calidad de los mismos debe tenerse en cuenta que se aceptaran como mínimo traslapes de 30 cm y es recomendable que se realicen de 35 cm. *Figura 23*

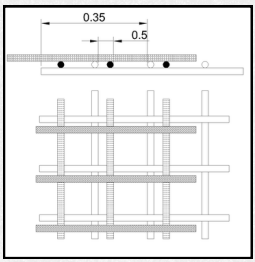


Figura 23 - Traslapos mallas electrosoldadas, elaboración propia

Para los traslapos se usa alambre negro recocido

3.4. Preparación para la colocación del concreto.

En esta etapa es muy importante en primer lugar tener todo a disposición, es decir, el transporte del concreto dentro de obra, la maquinaria, equipo y mano de obra. En segundo lugar, se deben disponer todos los cimbrados y encofrados necesarios, teniendo en cuenta cajas de inspección y cárcamos dispuestos en el piso del parqueadero, finalmente se deben considerar todas las juntas de aislación, es decir todas las que delimitan una separación del piso del parqueadero con elementos estructurales y no estructurales del proyecto. *Figura 24*

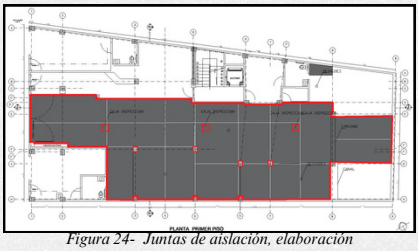


Figura 24- Juntas de aislación, elaboración propia a partir de planos altos de Samay.

Como se puede ver en Figura 18, se debe aislar el piso de muros, pisos, columnas y vigas, el material más común usado para las juntas es el poliestireno expandido por su versatilidad y economía.

LOS RETOS DE SAMAY

Transporte en obra



Como se había mencionado, se usó lote vecino para el acceso de la mixer, además debido al tiempo limitado para la colación del concreto, se opta por realizar estructura, con tejas de zinc para el transporte del concreto, para depositar en una estructura de camillas soportadas con cerchas, permitiendo almacenar hasta 5 m3 de concreto. Dependiendo de cada obra, los ingenieros sé enfrentan a este tipo de problemas que no son previstos previo a ejecución.

4. EJECUCIÓN DE OBRA

4.1. Control de calidad de concreto fresco.

Inmediatamente, llega el concreto a obra, es importante garantizar que el concreto cumpla con los requisitos de diseño solicitados, por ello en esta sección veremos los dos ensayos más importantes y comunes para el control de calidad, parámetros de aceptación y rechazo de la mezcla.

Asentamiento o Slump.

Este ensayo está determinado por la norma ASTM C143 o NTC 396. Para el mismo, se debe tomar una muestra en una carretilla; realizar de inmediato el ensayo, no dejando transcurrir más de 5 minutos desde tomada la muestra. Los materiales usados son:

- Molde cónico de medidas estándar (Cono de Abrams)
- Varilla lisa de punta semiesférica.
- Cuchara para concreto
- Flexómetro.

Para este ensayo se inicia apoyando el cono en una superficie plana, se agrega el concreto en tres capas, en cada capa se realizan 25 inserciones de la varilla para la correcta acomodación de las partículas, se enrasa la superficie y se limpia desperdicios de concreto al lado del cono, finalmente en un tiempo de 4 a 7 segundos se levanta el cono y se realiza la medición con ayuda de la varilla y el mismo cono. *Figura 25*

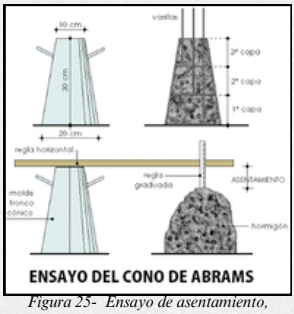


Figura 25- Ensayo de asentamiento, fuente:ingenieriaymas.com

Se debe tener en cuenta que la medición se realiza en el centro de la mezcla, no considerando los puntos más altos o bajos de la misma y desde la parte inferior de la varilla. Es de gran importancia considerar las tolerancias especificadas en la norma, que son de ±1", es decir, que si se calculó un Slump de 3" este puede estar entre 2" a 4".

Elaboración de probetas.

Para la elaboración y curado de especímenes de concreto se determina por la norma NTC 550, que tiene como objeto determinar si el concreto cumple con los esfuerzos a flexión y compresión solicitados, para este ensayo los materiales usados son:

- Moldes cilíndricos con medidas estandarizadas.
- Varilla lisa de punta semiesférica.
- Cuchara para concreto
- Martillo con cabeza de cuero o caucho.

Es común realizar los ensayos a los 7, 14 y 28 días, se toman de 1 a 2 muestras por ensayo dependiendo de la edad del concreto.

Se debe garantizar una superficie plana y que los cilindros una vez fundidos no sean movidos o sean almacenados cerca al lugar donde se realiza el ensayo. Se recomienda humedecer los moldes con aceite mineral para la facilidad del desencofrado, posterior a ello se llenan los cilindros en tres capas, cada capa con 25 inserciones de la varilla lisa y se golpean de 10 a 15 veces los bordes del cilindro con el fin de tapar cualquier orificio y sacar las burbujas de aire de la mezcla.

Finalmente, después de (24 ±8) horas, se deben sumergir los cilindros de concreto en agua con temperaturas de (23 ±2) °C. Los especímenes deben estar debidamente marcados para posteriormente ser fallados y determinar las resistencias a diferentes edades del concreto.

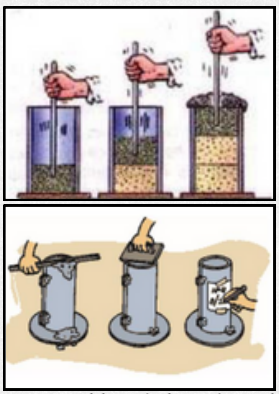


Figura 26- Elaboración de especímenes de concreto, fuente: estructurasdehormigonarmado.blogspot.com

Otros ensayos.

Hasta el momento solo hemos considerado dos características para el control de calidad del concreto que son el asentamiento y parámetros de resistencia, otros ensayos usados principalmente en grandes proyectos son el ensayo determinado por la NTC 3357-13, establece que el concreto no deberá tener una temperatura menor a 10 °C, tampoco mayor a 32°C; otro ensayo es la determinación del contenido de aire establecido en la NTC-1032-13, el cual establece que el contenido de aire debe ser inferior al 5% del volumen, cuanto menos contenido de aire se garantiza mayores resistencias y mayor durabilidad del concreto.

Un ensayo también común en grandes obras es la determinación de peso unitario final del concreto (NTC 1926), Este ensayo permite determinar el peso y el volumen real una vez el concreto llega a obra, permite establecer el correcto manejo de cantidades que se usan en obra.

Una vez se garantice la correcta ejecución de los ensayos y procesos antes mencionados, se debe realizar el control de la correcta ejecución del vaciado del concreto.

4.2. Medición de niveles.

Se miden niveles y se establecen los mismos para los correctos desniveles de la placa terminada, para este procedimiento es muy importante que los niveles tomados en el proceso de la compactación del suelo sean lo más precisos posible para evitar la propagación de errores, En esta etapa se deben volver a establecer los niveles correspondientes de ese modo se garantiza el correcto acabado y la corrección de errores que se pueden presentar en la etapa de compactación.



Figura 27- Toma de niveles, tomado de Altos de Samay.

4.3. Vaciado del concreto

En esta etapa es importante que los operarios tengan todos los implementos de seguridad necesarios, además que en esta etapa serán utilizados las siguientes herramientas y equipos:

- Carretilla
- Baldes para concreto
- Pala punta redonda y punta cuadrada.
- Regla de Aluminio (Boquillera).
- Paleta de madera
- Vibrador eléctrico para concreto.

Antes de vaciado el concreto, se humedece el terreno sobre el cual se va a colocar el concreto.

Líneas maestras.

Con ayuda del nivel láser se realiza la nivelación de una línea de concreto que va a servir como guía para el acabado final, estas líneas maestras se dejan secar aproximadamente 5 minutos, este proceso se realiza con la regla de aluminio, finalmente se hace el relleno y la nivelación, teniendo en cuenta el vibrado del concreto. Según las líneas maestras ya secas. *Figura 28.*



Figura 28- Líneas maestras, tomado de Altos de Samay.

Vibrado del concreto

Para el correcto vibrado se debe tener en cuenta:

- El vibrador se introduce de manera vertical en cada uno de los puntos.
- Se procura que el vibrador esté en varios puntos del piso, en un lapso no mayor a 4 segundos por cada punto.
- Debe retirarse de manera cuidadosa de cada punto, puesto que de una manera brusca puede ocasionar que se generen espacios vacíos en la mezcla.

4.4. Acabado final.

Una vez se encuentre completamente nivelado el piso de concreto con ayuda de las boquilleras se realiza el acabado final del piso, este puede ser liso, después de un proceso de pulido o el acabado puede ser un piso con características corrugadas, este aspecto depende del diseño dispuesto, en muchas ocasiones el aspecto depende del factor estético que se quiera dar al proyecto.

Escobiado

Este método fue usado en el proyecto Altos de Samay, ya que era un método sencillo de ejecutar. Este método consiste en usar una escoba cepillo, es decir que las cerdas son más gruesas, esta debía pasarse suavemente por el piso de concreto *Figura 24*, en esta etapa la experiencia en la ejecución de este tipo de proyectos era fundamental, ya que se debe observar cuando el concreto está terminando su fraguado y es posible cambiar la textura de la superficie, esto se logra una vez el concreto está perdiendo la fina capa de agua en su superficie, ese momento se convierte en el momento más óptimo para realizar el proceso de escobiado, debido a que si se hace prematuramente puede afectar el acabado final arrastrando los agregados del concreto y si el proceso se realiza de manera tardía no se garantiza la correcta textura buscada.



Figura 29- Escobiado, fotografía tomada de dcumexico.com

Concreto pulido:

Para este proceso se va a usar una flota canal para concreto, herramienta que permite alisar la capa superficial del concreto, se realizara una vez colocado el concreto. *Figura 30*



Figura 30- Alisado del concreto, fuente: https://es.made-in-china.com/

Una vez el concreto está perdiendo esa fina capa de agua, con ayuda de la allanadora de concreto se empieza a realiza el pulido, una forma de identificar que el concreto está óptimo para el allanado es cuando se observa la formación de huellas marcadas en la superficie del concreto sin que haya una deformación significativa de la misma bajo presión. *Figura 31*

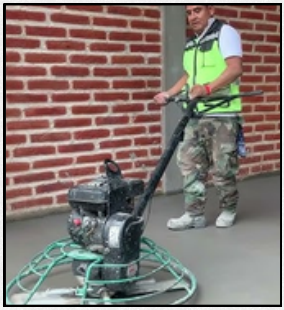


Figura 31- Allanado de concreto, fuente: https://es.made-in-china.com/

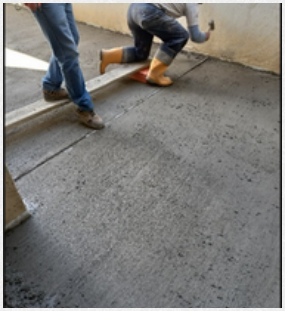


Figura 32- Juntas por debilitamiento en estado fresco, tomado de Altos de Samay.

4.5 Corte de juntas

En la sección del diseño de las juntas se indicó que el aserrado se realizaba de 1/3 a 1/4 del espesor de la losa con una abertura de 3 mm, este proceso se realiza con equipo especializado. Para proyectos pequeños de utilizan cortadoras de empuje manual con discos diamantados para concreto. En algunos casos, este aserrado se remplaza por algún mecanismo de debilitamiento en estado fresco del concreto, el más usado es el cimbrado, el cual consiste cortar el concreto con cimbra.

También se pueden realizar las juntas produciendo abolladuras verticales y horizontales, con ayuda de una varilla ½", Este proceso fue realizado en el proyecto de Samay. En una de las etapas, el tiempo de endurecimiento del concreto era mayor, por lo que se tuvo que realizar mayor presión con la maceta. En la *Figura 32*, se puede ver el proceso constructivo aquí mencionado.

4.6. Verificaciones y control de calidad generales:

Como se ha visto a lo largo del presente instructivo, puede afirmarse que para la obtención de la buena calidad de un piso de parqueadero, debe considerarse como un sistema integrado, los materiales, diseño y construcción. *Figura 33*

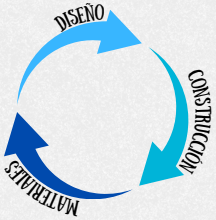


Figura 33- Sistema de control de calidad. Elaboración a partir de: Becker, E, 2019. Pisos industriales de hormigón. pg 161

Como lo indica (Becker 2019), es recomendable establecer previo al inicio de obra un programa de control de calidad que abarque todos los aspectos relacionados con la construcción de los pisos en concreto, como el propuesto en *Figura 34*

Especificaciones	Control de Calidad	Tolerancias
☐ **Mejoramiento de suelo.** Características del suelo • contenido de finos • plasticidad • hinchamiento compactación ☐ **Piso de hormigón** Mezcla de hormigón • MR o resistencia a flexión • resistencia a compresión • asentamiento • TMN (tamaño máximo nominal del AG) • contracción por secado • módulo de elasticidad • resistencia residual y/u otro parámetro en el caso de usarse macrofibras. ☐ **Jntas** • juntas de construcción • juntas de contracción aserradas • juntas de control aserradas • juntas de aislación • Sellado y/o relleno de juntas	☐ **Mejoramiento de suelo.** Ensayos específicos • contenido de finos • plasticidad • hinchamiento Controles de densidad en campo ☐ **Piso de hormigón** Mezcla de hormigón • presentación técnica preliminar (*) • control de recepción • control de recepción • control de recepción • presentación técnica preliminar (*) • presentación técnica preliminar (*) • presentación técnica preliminar (*) ☐ **Juntas** • supervisión de obra • supervisión de obra • supervisión de obra • supervisión de obra	☐ **Mejoramiento de suelo.** • Nivel promedio: ± 1 cm • determinación puntual: ± 2 cm ☐ **Nivel de base** • nivel promedio: ± 0,5 cm • determinación puntual: ± 1 cm ☐**Lisura superficial del piso** • Valores de FF (lisura) y FL (planicidad) según requisitos del proyecto • Valores mínimos aceptables por losa o fracción según requisitos del proyecto ☐ **Nivel del piso** • nivel medio: ± 3 mm • determinación puntual: ± 5 mm ☐ **Espesor del piso** • Espesor promedio: ± 3 mm, máximo: +10 mm y mínimo: - 6 mm ☐ **Encofrados** • alineación longitudinal:: ± 3 mm cada 3 m • nivelación:: ± 1 mm cada 3 m

Figura 34- Esquema del plan de calidad para la construcción de pisos de concreto. Fuente: Becker, E, 2019. Pisos industriales de hormigón. pg 161

Según (Becker, 2019) este programa debe surgir de un consenso de las partes involucradas del proyecto, donde los encargados de la supervisión deberán presentar un programa inicial que se somete a cambios en los espacios de decisión, como lo son los comités de obra.

En el diseño y concepción del proyecto, los profesionales pueden desarrollar ideas y pulir cada detalle para la materialización de ese proyecto, plasmarla en planos y en especificaciones técnicas, donde el ideal sería que en la fase de construcción se plasmara tal cual se proyectó, es aquí donde se debe presentar el mayor seguimiento, debido a que en los poryectos se toman decisiones cambiando las consideraciones iniciales, en torno a la economía del proyecto, que en muchas ocasiones el cambiar ya lo planteado suele ser más costoso.

Por ese motivo, siempre debe existir una fuerte comunicación entre el comitente, la supervisión, la construcción y el diseño, además de profesionales y mano de obra especializada y un programa como el aquí plasmado para evitar toda propagación de errores, que después pueden constituir patologías en los elementos construidos, disminución de la vida útil y aumentar el valor del proyecto en la corrección y mantenimiento, siendo la supervisión un factor clave para que se cumplan cada uno de los objetivos del proyecto.

5. ACTIVIDADES FINALES

5.1. Curado del concreto

Según la NSR-10, el curado del concreto es un proceso por medio del cual el concreto endurece y adquiere resistencia, una vez colocado en su posición final.

Como se mencionaba en el comienzo de este instructivo, cuando se produce la hidratación, las partículas de cemento, presentan una reacción desde su superficie hacia el interior, por este motivo las partículas en un gran porcentaje no se desarrollan totalmente, aquí es importante resaltar que cuando el concreto está en estado fresco no se debe exceder la cantidad de agua usada en la mezcla, debido a que esta se va a evaporar por el calor de hidratación producido en la mezcla; sin embargo, después de endurecido el concreto, el exceso de agua es óptimo, permitiendo así que un buen curado, de como resultado un concreto con una buena durabilidad y las resistencias deseadas.

Según la NSR-10 en el título C el concreto debe mantenerse en condiciones de temperatura mayores a 10 °C y en condiciones de humedad por lo menos durante 7 días y es recomendado que se realice por 14 días. Cuando el concreto es de altas resistencias tempranas, se recomienda que se realice curado por lo menos durante tres días.

Según (Sanchez 2013), existen dos métodos para realizar el curado del concreto, los cuales son, creando un ambiente húmedo o previniendo la perdida de agua por materiales selladores.

Uno de los métodos más usados en proyectos de menor envergadura son por riego de agua, este se recomienda realizar por lo menos 5 veces al día.

5.2. Corrección de errores.

Una vez terminada la colocación del concreto, un día después de la última fundida ya se pueden evidenciar errores presentados por ejecución, en este apartado se van a considerar los errores presentados en la obra Altos de Samay y como se realizaron las correcciones de los mismos.

Tras terminadas las cinco etapas de construcción para la placa de parqueadero, ya con el concreto endurecido en cada una de las áreas intervenidas, se empiezan a notar diferentes errores de construcción, entre ellos segregación, empozamientos, juntas de construcción y dilatación mal ejecutadas, entre otras, es por ello que se realiza registro fotográfico para análisis y reparación de cada uno de los errores presentados en las cinco etapas.

Este registro se puede ver a continucación.

1. Juntas de dilatación mal ejecutadas, *Figura 35* correspondiente a la etapa cuatro, en la cual siendo las 10:00 pm, no se tiene la consistencia deseada para realizar juntas, por lo tanto, se realizan el siguiente día, se usan punteros, maceta y pulidora para realizar la juta de dilatación, inconveniente producto de exceso de aditivo plastificante.

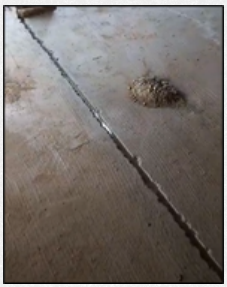


Figura 35, Concreto mezclado en obra, fotografía tomada de ALTOS SAMAY.

2. Se registraron varias zonas donde se identificó durante el curado empozamiento de agua, posiblemente en estas zonas no se realizó la nivelación adecuada o se segregó el concreto. *Figura 36*



Figura 36, Empozamientos de agua, fotografía tomada de ALTOS SAMAY.

3. Tras intentar corregir lo sucedido en la primera etapa, de no realizar la correcta distribución, el concreto restante en cada viaje era depositado en la zona del bicicletero y el local comercial, zonas donde posteriormente fue fundido con concreto mezclado en obra, ocasionando mala ejecución de las juntas de construcción además de que no se le da el acabado adecuado.

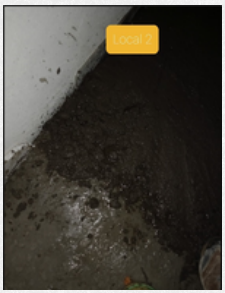


Figura 37, Juntas de construcción mal ejecutadas, fotografía tomada de ALTOS SAMAY.

4. En varias zonas de las cuatro etapas se podía presentar la siguiente patología, producto de la segregación, ya que en muchas de las ocasiones los oficiales y ayudantes adicionaban agua, ya que la mezcla les era poco manejable, adicional, lo que se puede ver en las imágenes también es producto de que se realiza el escobiado cuando el concreto no tenía una consistencia adecuada, causando que se arrastraran los agregados, esta patología causa perdida de estética del elemento y empozamientos de agua.

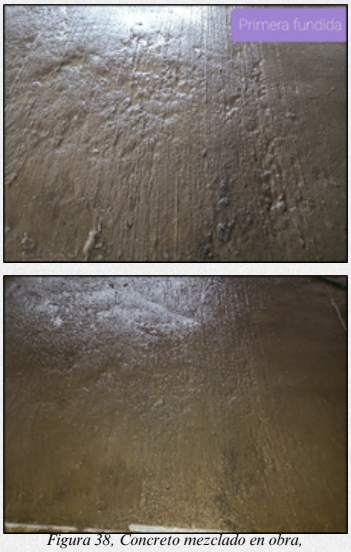


Figura 38, Concreto mezclado en obra, fotografía tomada de ALTOS SAMAY.

Corrección de errores:

Para la corrección de errores se opta por utilizar SikaTop®-121, como lo indica su ficha técnica, es un mortero modificado con resina acrílica de un componente que puede alcanzar resistencias mecánicas rápidamente, a los 4 días, una resistencia de 22 Mpa y una máxima a los 28 días de 34 Mpa. Material con grandes propiedades adhesivas, característica esencial para la corrección de errores.

Edad (días)	kg/cm²	PSI	MPa
1	140	2000	14
3	220	3146	22
7	250	3575	25
28	340	4862	34
At 20°C			(ASTM C39)

Figura 39, Resistencia del mortero, Sikatop 121 . Fuente: Ficha técnica SikaTop®-121 Monocomponente

Antes de la utilización y ejecución del material fue muy importante estar al tanto de su ficha técnica, la cual realizaba recomendaciones importantes para su ejecución:

1. Su dosificación para 25 kg en volumen es una relación 1:3 (agua: producto)
2. Se aplica utilizando llana metálica.
3. Debido a la propiedad de alta resistencia temprana, se recomienda mezclas únicamente el producto que se puede aplicar en 20 minutos.
4. El material cumple con sus propiedades cuando los elementos a reparar son de 1mm a 5mm como máximo de espesor.
5. Aunque el material tenga un rápido secado, debe protegerse de la lluvia durante 4 horas.

Un bulto de cemento de uso general DE 50 Kg en el mercado se encuentra aproximadamente por el valor de $32.000, el mortero de SIKA está en un precio alrededor de los $320.000 por cada 25 Kg, adicionalmente, se estaba aplicando como lechada, por lo que el rendimiento era menor, de este modo la actividad de corrección de errores fue más supervisada en el proyecto, de ese modo se realiza la corrección de errores con las recomendaciones realizadas por el fabricante.

En las siguientes imágenes se puede ver el antes y después de las reparaciones realizadas.



Figura 40, Antes y después reparación de juntas, fotografía tomada de ALTOS SAMAY.



Figura 41, Antes y después reparación de empozamientos y segregaciones, fotografía tomada de ALTOS SAMAY.

5.3. Tratamiento de juntas:

Para finalizar la construcción del piso de parqueadero, se debe tener en cuenta realizar un correcto sellado de juntas, con material que tenga propiedades plásticas que permita disipar esfuerzos de dilatación, además de evitar el trasporte de agua entre las juntas.

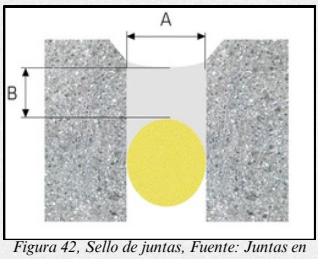


Figura 42, Sello de juntas, Fuente: Juntas en pavimentos de concreto, Argos, Silva Javier.

1. Abertura de la junta: Con ayuda de la pulidora y un disco diamantado para concreto, se realiza una abertura de un ancho menor a ¼".

2. Yumbolón: Espuma de polietileno, que se debe colocar a lo largo de las aberturas realizadas, es un material que se permite cortar con bisturí, lo que permite su fácil instalación en la junta. Es importante hacer limpieza con brochas de las juntas antes de colocar el material.

3. Sellante: Después de realizar una limpieza se debe rellenar la junta con el sellante, hasta que llegue al ras del pavimento, es importante usar cinta y una espátula que permitan saturar completamente la junta sin excesos y cuidado la estética del elemento.

CONSTRUCCIÓN DE TANQUE ENTERRADO

Procesos y criterios de control de calidad

Ya establecida la metodología para la construcción de piso de parqueadero, se establecen los criterios de control de calidad para la construcción de un tanque enterrado, donde muchos de los criterios establecidos, serán de gran importancia en esta actividad, como lo son las especificaciones preliminares y el control de calidad del concreto fresco.

1. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES

1.1. Análisis de planos.

1.2 Análisis preliminar.

1.3. Control de calidad de diseño de tanques enterrados.

1.3.1 Control de calidad de diseño de tanque en concreto reforzado

1.3.2 Control de calidad de diseño de estructura en mampostería confinada.

2**. ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL**

2.1. Concreto

2.2. Acero.

2.3. Mampostería.

3**. EJECUCIÓN DE OBRA**

3.1. Control de calidad del concreto fresco

3.2. Guía para preparación de concreto en obra

3.3. Metodología para construcción para tanque en concreto reforzado.

3.4. Metodología para construcción de estructura en mampostería confinada.

3.5. Placa fácil.

3.6. Verificaciones y control de calidad generales

4**. INSTALACIÓN DE TANQUE.**

4.1. Características generales para instalación.



1. ESPECIFICACIONES PRELIMINARES

Se recuerda nuevamente que todo obra civil debe tener en cuenta lo indicado en la NSR-10 en el título A, donde establece que toda edificación debe tener un estudio geotécnico, diseño arquitectónico y diseño estructural, a partir de ese diseño se pueden establecer las especificaciones preliminares de cada una de las actividades previstas en una obra, en esta ocasión la siguiente parte del instructivo tiene como objetivo reflejar la metodología establecida a partir de la construcción de un tanque enterrado, específicamente en su estructura y metodología para la correcta ejecución del proyecto, es importante tener en cuenta que la metodología aquí descrita es para tanques de almacenamiento con capacidad no mayor a 6000 L, con profundidades de excavación no mayores a 2 m.

1.1 Análisis de planos.

El cálculo de capacidades, sistemas de bombeo, distribución y localización deben establecerse en los diseños previos, estos se realizarán con base en todos los puntos de agua, cantidad de apartamentos, zonas comunes y estimación de residentes de la edificación.

Todas estas características y especificaciones deben prever todo tipo de improvisaciones a la hora de ejecución de los proyectos.

En el momento de ejecución del proyecto se deben tener en cuenta los planos que especifiquen el tipo y metodología de construcción, en el caso de realizar excavaciones, los mismos deben contar con especificaciones para las excavaciones a realizar dependiendo del tipo de suelo del proyecto.

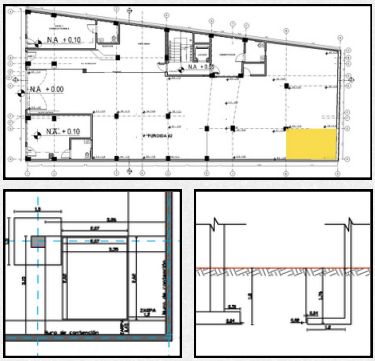


Figura 43- Análisis de los planos. Fuente: Elaboración propia a partir de planos ALTOS SAMAY.

1.2 Análisis preliminar.

Como se indica en el título I.2.4 , de la NSR 10, para llevar un correcto control de la calidad, para un análisis preliminar se deben tener exigir los siguientes controles:

- Planos que indiquen todas las especificaciones necesarias para la ejecución.
- Especificaciones técnicas contenidas dentro del reglamento para cada uno de los materiales usados en obra.
- Supervisión técnica de los materiales a utilizar.

Cada una de estas características aterrizadas en la construcción de un tanque enterrado, deben contener las siguientes especificaciones:

- Capacidad requerida en volumen de agua.
- Redes de cargue y descargue de agua, con sus respectivas medidas, además de redes eléctricas requeridas para los equipos.
- Tipo de equipo de presión y de bombeo, además de su disposición, es decir, el uso de espacio de estos.
- Medidas de los tanques para alcanzar las capacidades calculadas.
- Tipo y forma de excavación, más recomendaciones para dicha actividad.

1.3. Control de calidad de diseño de tanques enterrados.

A continuación vamos a considerar como es el proceso de diseño para tanques enterrados de dos tipos, el primero,en concreto reforzado, el segundo tipo un tanque prefabricado en polietileno o fibra de vidrio dentro de una estructura de mampostería confinada.

El diseño de los tanques para almacenamiento de agua, deben cumplir con las siguientes características según lo determinado en el título C.23 de la NSR-10:

- El diseño debe controlar el agrietamiento y la fisuración para impedir el flujo de líquidos del interior y su exterior.
- El interior del tanque debe ser impermeable, de tal manera que no haya contaminación del agua desde el exterior.
- Resistencia máxima para la contención del agua.
- Que no se presenten superficies rugosas en el interior, de ese modo cumplir con los objetivos de sanidad.

Deben tenerse en cuenta cada una de estas características en el momento de construcción y diseño del tanque.

Los diseños que se consideran a continuación son los siguientes:

1.3.1 Control de calidad de diseño de tanque en concreto reforzado.

Consiste en una estructura de muros y piso con concreto reforzado. Para tanques de más de 6000 L, se recomienda el uso de columnas y vigas en la estructura, para el diseño se van a considerar los siguientes puntos:

1. Sub - base
2. Criterios de diseño de concreto
3. Criterios de diseño de Losa
4. Criterios de diseño de muros

Sub - base:

La estructura debe ir soportada sobre una sub-base, que tenga características de diseño de resistencia, rigidez y estabilidad, para prevenir la erosión del elemento se recomienda el uso de un geo - textil. Si el suelo sobre el cual va a ir la subbase no es el apropiado, debe remplazarse por material de relleno seleccionado.

Criterios de diseño de Losa:

Según la sección C.23 los espesores de una losa con refuerzo corrugado que está sobre terreno deben ser como mínimo de 150 mm, con refuerzos superior e inferior.

Para el refuerzo de la losa, esta puede reforzarse con una o dos capas, la cuantía mínima de refuerzo sobre la dirección bruta debe ser de 0.0050 en dirección ortogonal, *el máximo espaciamiento entre las barras de refuerzo debe ser el menor entre 300 mm y dos veces el espesor de la losa,* es decir que si se considera el espesor mínimo de 150 mm, el espaciamiento de las barras no debe ser mayor a 300 mm.

Por último, el recubrimiento en la superficie inferior y superior no debe ser menor de 40 mm, para superficies sobre terreno como es el caso.

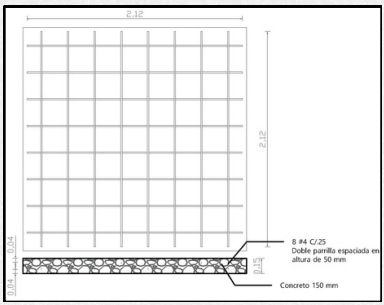


Figura 44- Diseño de losa para tanque enterrado, elaboración propia a partir de los criterios de diseño de la NSR -10

Como objeto de ejemplo, se realiza el diseño con respecto a lo realizado en la obra Altos de Samay, realizando modificaciones para el cumplimiento de la NSR-10.

Como se puede ver en la *Figura 44,* se consideró un diseño de una losa con las siguientes especificaciones.

Caracteristica	Especificación
Refuerzo	1/2"
Numero de capas de refuerzo	2
Espesor de la losa	150 mm
Espaciamiento barras	250 mm
Cuantía de refuerzo sobre sección bruta	0.0062
Recubrimiento inferior	40 mm
Recubrimiento superior	40 mm
Espaciamiento entre las capas de refuerzo	50 mm
Dirección de refuerzo	Ortogonal
Area losa	(2.20 x 2.20) m^2

Figura 45 - Tabla, elementos de una losa, según requerimientos de la NSR-10

Para la separación de las dos capas de refuerzo se pueden hacer dados de concreto de 5 cm, otra opción es realizar la separación con cortes de varillas que permitan la distancia determinada.

Concreto:

Para el diseño de la mezcla, más específicamente su dosificación apropiada, se hace teniendo en cuenta, la clase de exposición que puede ser consultada en la tabla C.4.2.1, de la NSR-10, el cual proporcionara la a/c optima para determinada clase de exposición. Ademas en el diseño debe contemplarse el tipo del cemento, mezclado, colocación, consolidación y curado con el fin de que el diseño sea dispuesto para ser impermeable.

Criterios de diseño de muros:

Según la sección C.23, los espesores de un muro en concreto, para estructuras para contener agua, no deben ser menores a 1/20 de la altura del muro, ni tampoco menor que 150 mm, para muros con alturas de más de tres metros, el espesor no debe ser menor a 300 mm.

El muro debe contar con refuerzo en dirección ortogonal, sus cuantías no pueden ser menores a 0.0030, si las distancias horizontales entre las juntas para compensar movimiento, son mayores que 6 metros, la cuantía mínima está dada por la tabla C.7.12.2.1.

1.3.2 Control de calidad de diseño para estructuras en mampostería confinada.

Los criterios de diseño y control de calidad de la mampostería confinada pueden encontrarse en el título D.10 de la NSR-10. La mampostería confinada según este título, es aquella construida en muros de mampostería, rodeada con elementos en concreto reforzado (Columnas y vigas). A partir de lo realizado en la obra Altos de Samay, se establece este tipo de estructura para enterrar tanque, ya sea en fibra de vidrio o polietileno, para proteger al tanque de sobreesfuerzos del suelo hacia el tanque, en este punto es importante tener en cuenta que este tipo de estructuras deben ser avaladas por ingenieros especializados en suelos, ya que no todo tipo de suelos permitirán el buen funcionamiento de protección de la estructura al tanque.

Sub - base:

Los criterios de diseño para la subbase son los especificados en el título C.23 y expuestos en los criterios de diseño para tanque en concreto reforzado.

Criterios de diseño de losa:

Los criterios de diseño para losas de concreto en este sistema constructivo son las expuestas en los criterios para tanque en concreto reforzado, con diferencia al anclaje, ya que este se debe realizar con refuerzos que no deben ser menores a 1/4" y su doblez debe realizarse a 90°.

Criterios de diseño de muros:

El espesor de los muros no deben ser menores de 1/25 de la altura del muro o menor de 110 mm.

Criterios de diseño para columnas y vigas de confinamiento:

Los espesores no deben ser menores a los del muro y el área de la sección transversal no debe ser menor de 200 cm^2. Con respecto a las columnas, la distancia entre ellas no debe ser mayor a 4 m y para las vigas estas deben ser continuas por las cuatro caras de la estructura, sirviendo de amarre superior e inferior.

El refuerzo transversal no debe ser menor a 3/8" o una cuantía menor o igual a 0.0075 al área de la sección bruta del elemento. Para el refuerzo transversal no debe ser menor a 1/4" y el espaciamiento del refuerzo no debe superar el 1.5 del área menor del elemento o 200 mm

2. ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL

2.1. Concreto

Según el título C, de la NSR 10, el concreto utilizado en estructuras para el almacenamiento de agua, como lo son tanques, deben tener un f´c de no menos de 28 Mpa o 4000 psi.

Además, en el título C.23 indica la funcionalidad del concreto utilizado en este tipo de estructuras. Esto implica controlar el agrietamiento y la fisuración para prevenir filtraciones, asegurar la densidad e impermeabilidad del concreto para evitar la contaminación de líquidos, proporcionar resistencia a los elementos químicos presentes y garantizar superficies lisas que faciliten el flujo y cumplan con estándares de higiene.

Como se ha recomendado a lo largo de este instructivo, se recomienda que el concreto sea pre-mezclado, es por ello de una correcta programación de obra, que contemplar esta actividad en un mismo instante a otras que requieran del uso de concreto pre-mezclado, como por ejemplo cuando se haga el colado para el piso del parqueadero, si se toma la decisión de fundir con concreto en obra, en la sección 4.4, se hace una metodología detalle para evitar la propagación de errores en el momento de ejecución y diseño de concreto en obra.

2.2. Acero

El acero, ya sea para uso en concreto estructural o en mampostería estructural, debe cumplir según lo especificado en el título C.3.5, por consiguiente el acero de refuerzo debe contar con las siguientes características:

- El refuerzo debe ser corrugado, debido a que se va a dar una mayor adherencia acero-concreto.
- Las barras de acero corrugado deben cumplir con las normas de fabricación NTC 2989 (ASTM A706M).
- Un diseño estructural previo, que establezca diámetros de la varilla, además que especifique metodología de instalación con sus respectivos traslapos y longitudes de los ganchos.

Además, es importante tener en cuenta que el acero debe estar libre de corrosión, concreto o grasa.

2.3. Mampostería

Los parámetros de control y calidad de la mampostería deben cumplir con lo especificado en la NSR-10, en la sección D.3.6 que establece criterios, ya sean para unidades en concreto o en arcilla, unidades macizas o en bloque y para mampostería estructural o no estructural, según sean los requerimientos del proyecto y de los diseños previos.

3. EJECUCIÓN DE OBRA

3.1. Control de calidad del concreto fresco.

Sin importar que en algunos tipos de proyectos o actividades, la cantidad de concreto a utilizar sea de menor cantidad, se deben realizar ensayos de control de calidad de cada uno de los elementos fundidos en el proyecto, los cuales son:

- Asentamiento o Slump NTC 396
- Elaboración de probetas NTC 550
- Contenidos de aire o temperatura según requerimientos.

Estos ensayos son detallados en la sección 4.1, correspondiente al instructivo para la construcción de un piso de parqueadero.

3.2. Guía para preparación de concreto en obra.

En la obra Altos de Samay, para esta actividad de construcción de tanque enterrado, el concreto fue hecho en obra, sin embargo, si se llevare una buena programación de obra, el concreto puede ser pre mezclado garantizando mejores características de diseño de la mezcla, ya que los métodos de diseño en obra se basan en volumen de los materiales del concreto y no en peso, garantizando mejores características de diseño.

A continuación se establecen los pasos para la elaboración de concreto en obra a partir de las actividades realizadas en Altos de Samay y cartilla Argos, de preparación de concreto en obra.

1. Control de calidad de materiales
2. Dosificación
3. Mezclado
4. Control de calidad del concreto
5. Curado

Control de calidad de los materiales:

Como se ha descrito, los materiales principales para la elaboración de concreto, son el agua, agregados, cemento y aditivos, los cuales, para hacer concreto en obra, deben tener las siguientes verificaciones:

- Los agregados deben estar libres de sustancias contaminantes como lo son materia orgánica, polvo, limos, arcillas, sustancias acidad o alcalinas que puedan alterar el Ph del concreto.
- Para almacenaje de los agregados, deben ser separados e identificados.
- Se debe tener en cuenta el tamaño máximo del agregado, ya que es concreto realizado en obra, es la experiencia que determina una aproximación en la gradación de los agregados a partir de una inspección visual.
- El agua utilizada en la mezcla debe estar limpia y libre de agentes contaminantes, en caso de contar con agua turbia, se puede almacenar por 24

horas, hasta que los sedimentos u solidos permanezcan en el fonndo de donde fue almacenado.

- En caso del uso de aditivos, debe verificarse fechas de vencimiento, dosificaciones adecuadas según sus especificaciones técnicas, teniendo en cuenta que el uso de aditivos debe ser controlado y no debe superar el 5% al volumen total de la mezcla.

Dosificación:

Una correcta dosificación debe hacerse por peso, ya que en obras o actividades no muy grandes no se cuenta con la posibilidad de pesar los materiales, debe tenerse en cuenta medidas de volumen estandarizado, las más usadas comúnmente son las canecas o baldes de pintura de 5 galones. Aquí es importante tener en cuenta que no se deben hacer dosificaciones con palas o carretillas, ya que no se garantiza que se esté realizando la dosificación requerida. Con respecto al agua, la adición de agua debe ser controlada, *normalmente, la cantidad de agua para mezclas convencionales debe estar entre 23 y 25 litros por cada saco de cemento de 50 kilos, si la humedad de los agregados es muy alta, la cantidad de agua debe reducirse. (Argos 2024),* es importante que el agua agregada a la mezcla no sea por manguera, sino que debe hacerse con una medida estandarizada de igual forma que los agregados y el cemento.

Las dosificaciones más comunes realizadas en obra son las siguientes:

	Características	
1-2-2	**Resistencia**	4000 psi aproximadamente
	Dosificación	Una parte de cemento, dos partes de arena y dos partes de grava
	Uso	Vigas, columnas, losas sencillas.

	Características	
1-2-3	**Resistencia**	3200 psi aproximadamente
	Dosificación	Una parte de cemento, dos partes de arena y tres partes de grava
	Uso	Andenes, pisos de tráfico liviano, concretos que están a esfuerzos moderados.

	Características	
1-3-3	**Resistencia**	2400 psi aproximadamente
	Dosificación	Una parte de cemento, tres partes de arena y tres partes de grava
	Uso	Concretos sometidos a bajas resistencias.

Figura 46 - Dosificaciones del concreto en obra

Mezclado.

Este, puede realizarse de forma manual o con uso de una mezcladora mecánica, se deben tener en cuenta las siguientes características:

- La mezcla se debe hacer sobre una superficie limpia, si se realiza en una mezcladora mecánica se recomienda humedecer la misma antes de usarla.
- Mezclar, arenas, gravas y cemento de manera que se distribuya de manera uniforme los materiales y finalmente adicionar el agua de manera cuidadosa.

3.3. Metodología para construcción para tanque en concreto reforzado.

Se realiza el respectivo replanteo y análisis de planos para la excavación, posterior a ello se siguen los siguientes pasos:

1



Figura 47- Excavación de tanque enterrado, tomado de ALTOS DE SAMAY

Preparación del terreno:

Se hace mejoramiento del terreno o se realiza subbase de ser especificado en los diseños previos, adicional se hace un recubrimiento en paredes y piso de la excavación en concreto pobre.

2



Figura 48- Concreto pobre en muros de tanque enterrado, elaboración propia a partir de fotografías ALTOS DE SAMAY

Armado:

Para la losa y los refuerzos verticales de las paredes, se hacen los dobleces a 90° en forma de u, para los refuerzos horizontales se hacen dobleces a 90° de forma rectangular, de ese modo se va formando la retícula respectiva. Para garantizar recubrimientos y separación de las dos capas de refuerzo, en el piso se puede realizar con dados en concreto y en las paredes con varillas de la medida respectiva.

3

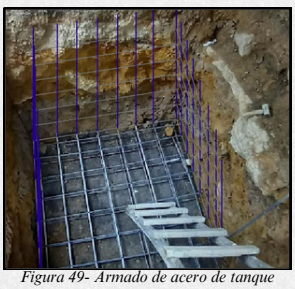


Figura 49- Armado de acero de tanque enterrado, elaboración propia a partir de fotografías ALTOS DE SAMAY

Vaciado del concreto:

Se disponen formaletas, se realiza vaciado del concreto, garantizando el buen vibrado del mismo, este vaciado se puede realizar en una jornada de trabajo, de no ser así tener debe fundirse en primer lugar el piso y posterior a ello las paredes de la estructura.

3.4. Metodología para construcción de estructura en mampostería confinada.

1



Figura 50- Excavación de tanque enterrado, tomado de ALTOS DE SAMAY

Se realiza el respectivo replanteo y análisis de planos para la excavación, posterior a ello se siguen los siguientes pasos:

Preparación del terreno:

Se hace mejoramiento del terreno o se realiza subbase de ser especificado en los diseños previos, adicional se hace un recubrimiento de concreto pobre para el piso

2

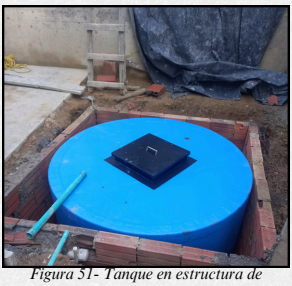


Figura 51- Tanque en estructura de mampostería, tomada de ALTOS DE SAMAY

Armado:

Se realiza armado de losa, para garantizar recubrimientos se hace uso de dados de concreto, y se disponen respectivos anclajes para columnas.

Muros:

Se recomienda levantar los muros pasados los 7 días de vaciado, el concreto en la losa y en la viga inferior de amarre.

3



Figura 52- Cerrado del tanque y abertura de la tapa, tomado de ALTOS DE SAMAY

Vigas y columnas.

Una vez levantado los muros se realiza el vaciado del concreto en las columnas, de manera que estas estén debidamente encofradas. En este caso se recomienda fundir la viga de la culata pasados 7 días, momento en el cual el concreto de las columnas ha alcanzado aproximadamente el 70% de la resistencia.

3.5. Placa fácil:

En los dos diseños establecidos en este instructivo, debido a su versatilidad, se puede hacer el cerramiento del tanque en placa fácil, que va a constar de Perfiles metálicos, bloquelones, concreto y malla electrosoldada. Para su instalación se disponen los perfiles sobre los muros o sobre la viga de culata, posterior a la instalación del bloquelon y la malla se realiza el colado del concreto, este puede ser preparado en obra y su espesor puede estar entre 4 a 6 cm.

3.6. Verificaciones y control de calidad generales:

Los controles de calidad para cada una de las actividades para la construcción de un tanque enterrado se establecen en la siguiente matriz:

Especificaciones	Control de Calidad
DISEÑO	Efectos de presiones del nivel freatico
	Contemplar falla por efectos de flotación
	Drenaje adecuado si hay presencia de nivel freático
SUB-BASE	Compactación con densidad del 95%
	El nivel debe ser de +0 mm y -25mm en cualquier sección de 30 m
CONCRETO	Si el concreto puede ser afectado por erosión por abrasión debe cumplir con requisitos de la NTC 174, entré ellos una relación a/c de 0.40 y una resistencia a la compresión de 35 Mpa a las 28 dias.
LOSA	Se deben garantizar recubrimientos de mas de 40 mm
MUROS	Control y verificación de armado del acero.
	Verificación de nivelación de los muros
	Recubrimiento en muros, vaciado de concreto y que está en permanente contacto con ella de 50 mm.
MAMPOSTERÍA	Verificación de nivelación de los muros
	Espesor mortero de pega de 1 cm a 1.5 cm, en cada una de las caras de la unidad de mamposteria
VIGAS Y COLUMNAS	Recubrimiento en muros vaciado contra la tierra y en permanente contacto, para estribos de 50 mm y para refuerzos principales de 65 mm.
	Control y verificación de armado del acero.
DISPOCISIONES FINALES	Realizar prueba de estanqueidad para cada uno de los diseños aquí establecidos.

Figura 53- Especificaciones y controles de calidad con respecto a los criterios de la NSR -10

4. INSTALACIÓN DE TANQUE

Antes de realizar el cerramiento de la estructura se realizan las instalaciones hidráulicas y eléctricas correspondientes, estas no deben interrumpir ningún elemento estructural, se recomienda que estas pasen entre la placa fácil.



Figura 54- Instalaciones hidráulicas y eléctricas de tanque, tomada de ALTOS DE SAMAY

Antes de realizar el cerramiento es importante asegurarse que toda la tubería está debidamente pegada y dispuesta para posterior instalación de equipos de bombeo.

En la obra altos de Samay fue dispuesta una bomba sumergible, tipo lapicero, los componentes del equipo de bombeo eran los siguientes:

- Bomba tipo lapicero
- Tanque hidroacomulador
- Protección térmica del equipo.
- Swich de presión y presostato.
- Accesorios de plomería.

La bomba tipo lapicero, reduce el espacio para el cuarto de bombas, además del ruido que puede llegar a incomodar a residentes.

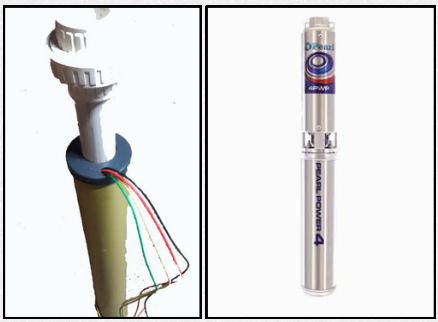


Figura 55- Bomba tipo lapicero, elaboración propia a partir de Altos de Samay

En la *Figura 55*, se puede observar la bomba dentro de tubería de PVC, con orificios en el inferior, que cumplen la función de hacer circular el agua, previniendo el aumento de temperatura del motor, de ese modo se aumenta la vida útil de la bomba.

Para el cuarto de máquinas del equipo de bombeo, se puede realizar en mampostería confinada, con los mismos criterios ya establecidos en este instructivo.



BIBLIOGRAFIA

Seymour, L. M., Maragh, J., Sabatini, P., Di Tommaso, M., Weaver, J. C. y Masic, A. (2023). Mezclado en caliente: conocimientos mecanicistas sobre la durabilidad del hormigón romano antiguo. Avances científicos, 9(1), eadd1602. -- https://ve42.co/Seymour2023

Armenta, G. (2022). El consumo de cemento y su evolución a nivel mundial. https://www.gloval.es/consumo-cemento/

Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Composición química del cemento, pag 35 - 38.

Sánchez, D. (2001). Tecnología del concreto y del mortero. Clinquerización, pag 30 - 33.

Neville, (2013). Tecnología del concreto. Propiedades de los agregados, pag 75

Lopera, C. (2021). Los principales fenómenos en la reacción del cemento hidráulico. Cementos Alión. https://alion.com.co/reaccion-del-cemento-hidraulico/

Neville, (2013). Tecnología del concreto. Aditivos, pag 167.

Cordero Estevez, Gerson David, Cárdenas-Gutiérrez, Javier Alfonso cc, Rojas Suárez, Jhan Piero (2018). Diseño de mezclas de concreto aplicando el método ACI. Procedimeinto para diseño se mezcla 25 - 31.

Becker Edgardo, Chaix bernardettt, (2019), Pisos industriales de hormigón - Diseño, construcción y mantenimiento. Diseño de mezclas. Diseño de mezclas pg 169

Cemex (2023) Ficha tecnica, Pavimentos Módulo de Rotura (MR), https://www.cemexcolombia.com/concretos/pavimentos-modulo-rotura

Becker Edgardo, Chaix bernardettt, (2019), Pisos industriales de hormigón - Diseño, construcción y mantenimiento. Diseño de juntas. pg 169

Becker Edgardo, Chaix bernardettt, (2019), Pisos industriales de hormigón - Diseño, construcción y mantenimiento. Distribución de juntas. pg 171

Becker Edgardo, Chaix bernardettt, (2019), Pisos industriales de hormigón - Diseño, construcción y mantenimiento. Supervisión y control de calidad en la construcción de pisos de hormigon. pg 171

(Sanchez 2013) Tecnología del concreto y del mortero. Protección y curado del concreto, pag 297- 305.

Argos 2024. Soluciones viales, preparación de concreto en obra. web: https://colombia.argos.co/fichas_tecnicas/

LISTA DE NORMAS:

NSR-10 A.1.3 — Procedimiento de diseño y construcción de edificaciones, de acuerdo con el reglamento

NSR 10 C.1.3 — Supervisión técnica

NSR 10 C.3.5 — Acero de refuerzo

NSR-10 C.4.2.1 — Categorías y clases de exposición

NSR-10 C.4.3.1 — Requisitos para el concreto según la clase de exposición

NSR-10 C.5.2 — Dosificación del concreto

NSR 10 C.5.6 — Evaluación y aceptación del concreto

NSR 10 C.5.11 — Curado

NSR-10 C.7.5.2 — Colocación del refuerzo

NSR 10 C.23 - C.7.12.2.1 — Cuantías mínimas de retracción de fraguado y variación de temperatura

NSR 10 C.23 — Tanques y estructuras de ingeniería ambiental de concreto

NSR 10 D.3.6 — Unidades de Mampostería

NSR 10 D.10 — Mampostería en muros confinados

NSR 10 I.2.2 — documentación de las labores de supervisión técnica

NSR 10 I.2.4 — Controles exigidos

NTC 121 — Cemento Portland, especificaciones físicas y mecánicas,

NTC 396 / ASTM C143 — Método de ensayo para determinar el asentamiento del concreto

NTC 550 / ASTM C31 — Elaboración y curado de especímenes de concreto en obra.

NTC 1032-13 — Método de ensayo para la determinación del contenido de aire en el concreto fresco. Método de presión

NTC 1299 — Aditivos químicos para concreto

NTC 1926 — Método de ensayo para determinar la densidad (Masa unitaria), el rendimiento y el contenido de aire por gravimetría del concreto

NTC 3357-13 — Método de ensayo para determinar la temperatura del concreto fresco de cemento hidráulico

ENSAYOS REALIZADOS AL CEMENTO

Según Tecnología del concreto y del mortero Sanchez. D

NTC-221 Ensayo para determinar la densidad del cemento hidráulico. Es muy importante que el proveedor proporcione datos de pesos específicos, ya que en el diseño de mezclas se realizan por pesos

NTC-33 Ensayo para determinar la finura del cemento. Ensayo que determina la superficie específica de una partícula de cemento. Un cemento con alta finura representa altos costos y mayor deterioro a las exposiciones ambientales, un concreto con baja finura, representa partículas que no terminan de formarse o tardan más tiempo en su proceso de hidratación. Es por ello que es de vital importancia realizar un control sobre este
"En nuestro medio, la superficie específica de los cementos está comprendida entre 3400 y 4500 cm2/g (Blaine)"

NTC-110 Consistencia normal del cemento. Método para conocer la cantidad de agua necesaria que se debe agregar para realizar una pasta de cemento.

NTC-118 Ensayo para determinar tiempo de fraguado. Es decir, el tiempo que tarda una mezcla de pasar de estado plástico a estado endurecido.

ENSAYOS REALIZADOS A LOS AGREGADOS

Según Tecnología del concreto y del mortero Sanchez. D

- Granulometria o tamizado de materiales granula- dos, **norma NTC-77.**
- Determinación del porcentaje de material que pasa el tamiz Icontec-74 (No. 200) por el método de lavado, **norma NTC-78.**
- Determinación de la densidad y absorción de agre- gados gruesos, **norma NTC - 176.**
- Determinación de la densidad y absorción de agre- gados finos, **norma NTC - 237.**
- Determinación de la humedad de los agregados, **norma NTC - 1776.**
- Determinación de la masa unitaria de los agregados, **norma NTC -92.**
- Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos en la máquina de Los Angeles, normas **NTC -93 y 98.**
- Dureza - Ensayo de rayado, **norma NTC - 183.**
- Determinación de la reactividad potencial de los agregados, **norma NTC 175**
- Otros ensayos realizados a los agregados finos para el control de su calidad norma NTC177, NTC 127 y 579; NTC 130; NTC 589, NTC 126.

ANEXO

Algunas recomendaciones que se brindan de los proveedores de CEMEX Y TREMIX para el control de calidad y ejecución de este tipo de concreto son los siguientes:

- a) El criterio de aceptación y rechazo del producto en la obra es el asentamiento, por lo tanto, se debe medir para cada viaje de acuerdo con lo establecido en la norma NTC 396 (ASTM C143) dentro de los 15 minutos siguientes de la llegada del carro a la obra.
- b) Para asegurar la resistencia a la flexión de la mezcla de concreta puesta en el elemento, éste debe ser protegido tan pronto como se dé el fraguado final de la mezcla. Se recomienda un curado intensivo y/o el uso de retardantes de evaporación. Para fundidas hechas en horas de la noche, donde baja la temperatura ambiente, se recomienda hacer un aislamiento del concreto para mantener la ganancia de calor de hidratación del cemento, y por ende de la resistencia.
- c) No se debe adicionar agua, cemento, aditivos o cualquier otro material al concreto en la obra ya que esto alterará su diseño.
- d) El concreto que haya empezado el proceso de fraguado no debe vibrarse, mezclarse, ni utilizarse en caso de demoras en obra.
- e) La elaboración y curado de las muestras debe hacerse según NTC 550 (ASTM C31). El curado específicamente debe iniciarse antes de que transcurran 30 minutos después de retirados los moldes y permanecer completamente sumergidas en agua hasta la edad de falla.
- f) Las muestras de concreto se deben evaluar a flexión de acuerdo con lo contenido en la norma NTC 2871 (ASTM C78) y para la resistencia a la compresión de acuerdo con lo contenido en la norma NTC 673 (ASTM C39).
- g) Para mejores resultados, se deben cumplir con las normas, prácticas y recomendaciones existentes para los procedimientos de colocación, vibrado, manejo, curado, protección y control del concreto en obra (como referencia se sugieren la NSR-10 y ACI 318).
- h) Para asegurar la calidad de su concreto deben utilizarse, de acuerdo a las condiciones climáticas, barreras de viento, polisombra, carpas; con el fin de proteger el concreto a edades tempranas.