

MIGUEL CRUZ Y ASOCIADOS LTDA.

Especificaciones Técnicas Estructurales para el Liceo Vargas Calvo

MC1524AB

Ing. Miguel Cruz A., Dr. Sc.

Ing. Fabricio Chavarría S.

Ing. Andrés González U.

Revisó: Ing. Julian Trejos V.

Enero de 2016

Contenido

1	Generalidades.....	1
1	Ejecución de la obra y edificios existentes	3
1.1	Protección de la obra e instalaciones existentes.....	3
1.2	Secuencia y coordinación de los trabajos.....	3
1.3	Excavación estructural y relleno.....	4
1.4	Apoyos provisionales y obra falsa.....	5
1.5	Revisión de verticalidad.....	5
2	Concreto reforzado.....	6
2.1	Concreto	6
2.1.1	Condiciones generales	6
2.1.2	Resistencia del Concreto.....	6
2.1.3	Materiales.....	9
2.1.4	Almacenamiento, fabricación y colocación	11
2.1.5	Reparación de defectos en el concreto	15
2.2	Acero de refuerzo	16
2.2.1	Materiales.....	16
2.2.2	Muestras y Pruebas	17
2.2.3	Almacenamiento.....	17
2.2.4	Colocación del refuerzo	18
3	Mampostería	21
3.1	Generalidades.....	21
3.2	Bloques de concreto	21
3.3	Mortero para pega de bloques.....	22
3.4	Concreto de relleno	23
3.5	Resistencia a la compresión de la mampostería y control de resistencia	23
3.6	Acero de refuerzo	24
3.7	Almacenamiento.....	24
3.8	Colocación de bloques de concreto.....	24

3.9	Repellos.....	25
3.10	Curado.....	25
4	Acero estructural	26
4.1	Generalidades.....	26
4.2	Calidad de los materiales.....	26
4.3	Fabricación.....	27
4.4	Soldadura.....	28
4.4.1	Técnica y calidad de la Soldadura:.....	28
	Material de aporte.....	28
	Esfuerzo de cedencia, F_y (kg/cm ²).....	28
	4060 mínimo.....	28
	Esfuerzo de último, F_u (kg/cm ²)	28
	4900 mínimo.....	28
	Elongación (%)	28
	22 mínimo.....	28
	Tenacidad de Charpy CVN	28
	552 kg-cm mínimo a -18°C.....	28
4.4.2	Tamaños de los Filetes:.....	29
4.5	Conexiones no soldadas	29
4.6	Pruebas de carga	29
4.7	Pintura en elementos estructurales	29
4.7.1	Generalidades:.....	29
4.7.2	Pintura de taller:.....	30
4.7.3	Pintura en obra:.....	30
5	Cimentaciones	31
5.1	Condiciones generales.....	31
5.2	Excavación estructural y relleno de zanjas.....	31
5.3	Materiales.....	32
5.4	Losa de fundación.....	32
5.5	Vigas de fundación.....	33
6	Bibliografía.....	34

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Resistencia promedio requerida en función de la resistencia a la compresión simple especificada de elementos de concreto reforzado.	7
Tabla 2.2 Resistencias mínimas a la compresión simple de elementos de concreto reforzado.	8
Tabla 2.3 Intervalo de revenimiento para la elaboración de mezclas de concreto.....	8
Tabla 2.4 Tolerancias en la dosificación de mezclas de concreto reforzado.....	11
Tabla 2.5 Periodo mínimo de encofrado y resistencia a la compresión simple mínima requerida para retirar el encofrado de elementos de concreto reforzado.....	14
Tabla 2.6 Requisitos de resistencia a la tensión del acero de refuerzo.....	16
Cuadro 5.1 Proporciones por volumen de materiales para la fabricación del mortero tipo A.	23
Cuadro 5.2 Proporciones por volumen de materiales para la fabricación de concreto de relleno tipo A.	23
Tabla 3.1. Propiedades mecánicas mínimas para el material de aporte en soldaduras del sistema sismorresistente.	28

1 Generalidades

El trabajo comprendido en cada sección de estas especificaciones incluye el suministro, por parte del Contratista, de todos los materiales, equipo y mano de obra necesarios para su ejecución de acuerdo a los planos y especificaciones, a excepción de aquellos casos en donde se indique expresamente lo contrario.

Estas especificaciones, los planos de construcción y otros documentos de la licitación se complementan entre sí. Lo que se exija en uno será tan obligante como se exigiera en todos.

La descripción que se haga de materiales, equipos y procedimientos por medio de marcas de fábrica, número de catálogo y nombre de fabricante, debe tomarse a título de referencia, pues han sido citadas con el propósito de identificar las características de los materiales o equipos deseados y, desde luego, se aceptarán alternativas de calidad igual o superior a la especificada, previa aprobación escrita del Propietario o del Inspector.

Si hubiera discrepancia entre los planos y las especificaciones, éstas deberán ser sometidas al Inspector para su interpretación y decisión final. En todo caso las especificaciones rigen sobre los planos y el contrato rige sobre ambos.

En los planos se tomarán como válidas, siempre las dimensiones escritas y nunca las medidas a escala. Cualquier dimensión que no aparezca en los planos debe ser consultada al Inspector.

Los detalles, indicaciones de acabado, materiales o accesorios indicados para un área, elemento o accesorio de la obra, se entenderán como indicados o especificados para todas las áreas o elementos de la construcción, aunque no exista indicación o especificación expresa.

Las letras o números usados en los planos para identificar detalles o secciones pueden ser independientes para cada lámina o grupo, por lo tanto deben verificarse las secuencias. La numeración no es necesariamente continua.

Aquellos materiales que no se encuentren en plaza deberán ser importados por el Contratista. El Contratista será el único responsable por atrasos que la falta de materiales pueda causar, sólo se considerarán situaciones muy especiales. En ningún caso se permitirán cambios de material ni extensiones de plazo por imprevisión del Contratista.

Si el Contratista requiere conexiones provisionales de agua y electricidad, deberá tramitar los permisos respectivos y pagar las tasas y depósitos correspondientes. Las cuentas por la prestación de tales servicios serán cubiertas por él mientras dure su presencia en el sitio de las obras.

El Contratista deberá construir un local similar a la bodega de materiales, para uso de los Inspectores. Este local deberá ser provisto de mesones, escritorio y de asientos adecuados, y deberá dotarse de ventanas de vidrio y luz eléctrica adecuada. Además se deberá proveer lo necesario para el almacenamiento de los cilindros de concreto y de otras muestras de materiales. El propietario indicará el lugar más conveniente para la construcción de estas instalaciones.

Si fuera necesario, el Contratista ejecutará por su cuenta todos los trabajos que requieran para una rápida evacuación de las aguas pluviales y evitar daños en el terreno y en las obras aledañas a la estructura.

El Propietario pagará las pruebas de laboratorio necesarias para comprobar la calidad de los materiales. Si fuera necesario repetir pruebas o hacer estudios especiales debido a que la calidad del trabajo sea defectuosa, su costo se deducirá de la facturación corriente del Contratista.

El Contratista mantendrá en todo momento, la obra en buen estado, libre de acumulación de desperdicios, de escombros y de materiales excedentes durante la construcción.

El Contratista estará obligado a mantener adecuadamente las partes de la obra que le fueren aceptadas parcialmente hasta la aceptación provisional de la obra.

El Contratista también estará obligado al mantenimiento y correcta utilización de los trabajos, que el Propietario hubiere ejecutado, en el sitio de la obra, con anterioridad a la firma del Contrato, tales como movimientos de tierra, tendido de tuberías, etc.

El Contratista deberá remover, por su cuenta, todos los escombros, las basuras, el equipo y los materiales sobrantes de las calles y de las zonas adyacentes a éstas y hará la limpieza final, en forma completa, de todo el predio o zona de trabajo en que ha construido, antes de entregar la obra.

Todos los accesos, carriles, vías, andamios, ductos, encofrados, cimbras, puntales, anclajes u otras estructuras o elementos de construcción o estructuras de carácter temporal que sean necesarios para la obra, serán suministrados por cuenta del Contratista y bajo su entera responsabilidad.

Los Inspectores podrán ordenar, a costa del Contratista, la remodelación, modificación refuerzo, cambio o alteración de cualquier obra temporal, usada por el Contratista, siempre que lo juzguen conveniente para el mejor desarrollo de la ejecución de la obra.

Según las indicaciones de los Inspectores, el Contratista dejará de destruir o de remover, alguna mejora que hubiere sido necesaria para facilitar la construcción y cuya utilidad o utilización cese para el Contratista al terminar la obra ejecutada. El provecho de la mejora quedará siempre a favor del Propietario y queda estipulado que el valor residual se considerará nulo para el Contratista.

Los Inspectores efectuarán su fiscalización de conformidad con las disposiciones establecida en las Normas Generales del Contrato.

El contratista debe disponer de extractores para el polvo que resulte de las demoliciones a realizar, se llevará un control estricto sobre la cantidad de polvo liberada al ambiente.

El Contratista deberá dotar a sus trabajadores del equipo de seguridad ocupacional necesario para realizar cada una de las tareas. Además el Contratista deberá cumplir con la Ley de Riesgos de Trabajo y su Reglamento, con el Reglamento General de Seguridad e Higiene de Trabajo y con toda la legislación vigente relativa a la seguridad de los trabajadores. Por otra parte, el Contratista debe prever el uso de elementos de seguridad para visitantes e inspectores.

1 Ejecución de la obra y edificios existentes

1.1 Protección de la obra e instalaciones existentes

El Contratista debe tomar medidas apropiadas para proteger los edificios aledaños e instalaciones existentes durante el proceso constructivo, con el objeto de evitar daños a las obras, elementos y acabados existentes.

Igualmente debe construir los apoyos provisionales y colocar los puntales necesarios para proteger en forma segura la estructura y sus partes durante el proceso de reparación o demolición de elementos la ejecución de la obra.

El contratista debe colocar mallas o alguna estructura capaz de evitar que objetos caigan de los niveles superiores y puedan lesionar a las personas que transiten alrededor de la obra.

Es obligación del Contratista reparar los daños ocasionados con motivo de los trabajos de construcción y restituir los elementos, acabados e instalaciones de manera que estos recobren el estado original en que se encontraban antes del inicio de la obra, sin que esto represente un costo adicional.

1.2 Secuencia y coordinación de los trabajos

Debido a que los trabajos de construcción se realizarán mientras los edificios vecinos se encuentran en uso y con el paso continuo de transeúntes se requiere que el Contratista coordine cuidadosamente los trabajos con el Propietario, sus representantes y con los Inspectores. El proceso constructivo debe ser planeado y el programa de trabajo previsto en tal forma que se reduzcan los inconvenientes ocasionados en el normal funcionamiento de las obras aledañas.

El Contratista debe, por lo tanto, considerar en el planeamiento de la obra y en la estimación de costo, que la construcción se debe ejecutar bajo esas condiciones.

Se permite que la fabricación de las vigas de concreto se realicen en su posición final, o sea que el concreto sea completamente colocado en la obra. No obstante, también se admite que la sección inferior junto con el refuerzo longitudinal de esa zona y los aros sean prefabricados.

La prefabricación de las vigas puede ser tanto con refuerzo inferior convencional o con acero pretensado. En esos casos el refuerzo longitudinal superior debe ser de acero convencional y colocado en la obra. Por otro lado, el concreto de los nudos y del extremo superior de la viga debe ser colado en la obra. El refuerzo superior y preferiblemente el refuerzo inferior debe ser continuo a través de los nudos con muros y columnas. También se admite que las barras de refuerzo inferior sean ancladas con gancho estándar de 90° en los mismos.

Las superficies de las vigas prefabricadas que estarán en contacto con el concreto a colocar en obra deben ser intencionalmente rugosas. Se permite incrementar de la adherencia de ambos concretos con epóxico Maxistick 580 LPL de Intaco u otro de superior calidad, el cual debe ser colocado con base en las indicaciones del fabricante. Antes de colocar el concreto en obra esas superficies deben estar limpias y se deben eliminar aquellos fragmentos sueltos o con poca unión con el concreto prefabricado.

Si la secuencia constructiva escogida por el contratista de la obra se realizará con vigas prefabricadas, se deberá coordinar con la inspección la revisión de los elementos antes de colocar el concreto. En las plantas de vigas se indica la colocación de cargadores, bordillos y muros de mampostería por requisitos arquitectónicos. Estas indicaciones deben tomarse como referencia para la construcción de las vigas, pero la ubicación final debe ser realizada con base en los planos arquitectónicos. Para ello es necesario que el Inspector de la Obra Arquitectónica apruebe la armadura y el molde o el encofrado de las vigas de las fachadas.

1.3 Excavación estructural y relleno

El Contratista debe realizar la excavación requerida para la construcción de los sótanos, muros de retención, losa y vigas de fundación. Debe transportar y disponer el material excedente de las excavaciones en un sitio apropiado, cuya selección es responsabilidad del Contratista.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para proteger los cortes de excavación y evitar daños a la propiedad, a los edificios vecinos y a las instalaciones existentes, construyendo ademes y protecciones adecuadas. Asimismo, asume la responsabilidad sobre los daños que sucedan durante la excavación y la construcción de las obras de cimentación.

Deberá realizar las excavaciones de las fundaciones hasta el nivel indicado en los planos, sin embargo, el Inspector podrá ordenar cambios si las condiciones del suelo o de las cimentaciones existentes encontradas en un sitio son desfavorables o si los resultados del estudio de suelos de comprobación así lo recomiendan. Antes de proceder a la construcción de las losas de fundación y de la realización de la sustitución de lastre compactado, el Contratista debe obtener la aprobación del Inspector, quien determinará el nivel de desplante definitivo.

Para ello el Contratista debe solicitar un estudio de suelos con al menos 10 pruebas de veleta al nivel inferior de la sustitución conforme a la norma ASTM D 2573. La ubicación de esos ensayos serán definidos por el Inspector. La aprobación del nivel de desplante debe constar en Bitácora indicando el consecutivo del informe de ese estudio de suelos.

Procederá a continuación a colocar una sustitución de lastre compactado al 98% del Proctor Modificado (ASTM D 1557) o del obtenido con el método C del ensayo AASHTO T-99 con cal en una proporción de 1 saco por cada metro cúbico de lastre. Este debe colocarse en capas horizontales que una vez compactadas no excedan una profundidad de 150 mm.

Las pruebas de comprobación de la compactación o densidad en campo deben realizarse con base en alguna de las normas: ASTM D 1556, ASTM D 6938, AASHTO T 238 o AASHTO T 239. La frecuencia de estos ensayos se basa en el mayor de los siguientes criterios:

- (a) Una vez por cada 200 m³ de material.
- (b) No menos de 3 pruebas por cada capa.

Posteriormente se debe colocar una capa de mortero o sello de fundación de aproximadamente 50 mm de espesor, para proteger el suelo en que se cimentará la obra de los efectos de la intemperie, sol y lluvia y para lograr una superficie de trabajo exenta de lodo y agua.

En caso de encontrarse condiciones de suelo que difieran de los resultados del estudio de suelo indicado en las notas estructurales de los planos o de las supuestas en el diseño, podrá el Inspector hacer cambios en el nivel de desplante y profundizar más la excavación para las fundaciones. El costo adicional, debido a una mayor profundidad de cimentación, lo reconocerá el propietario de acuerdo con los precios unitarios suministrados en la oferta por el Contratista o con base en un presupuesto detallado, revisado y aprobado por el Inspector.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evacuar el agua freática y de lluvia de las zonas de excavación y debe mantener éstas secas y en condiciones óptimas de limpieza, para permitir una correcta colocación del refuerzo de acero y el colado de concreto.

1.4 Apoyos provisionales y obra falsa

El Contratista debe diseñar, fabricar e instalar los puntales y apoyos provisionales y obra falsa requerida para soportar la estructura del edificio durante el proceso de construcción.

Los apoyos provisionales y puntales deben ser diseñados y construidos con la resistencia adecuada para soportar el peso de la estructura, y las cargas permanente y viva que puedan actuar durante el proceso de construcción, con un factor de seguridad mínimo de 2.0, tendiente a evitar el colapso o daños al edificio. Se debe considerar que la planta del edificio en el doceavo nivel se incrementa y que las dimensiones de los voladizos varían en altura. En esos casos el Contratista debe presentar la memoria de cálculo de los apoyos provisionales. También se admite que el Contratista contrate al Inspector de la Obra Estructural para el diseño de estas estructuras.

El Contratista debe tomar las medidas adecuadas para proteger las partes del edificio ya construidas e instalaciones y edificaciones existentes durante el proceso de construcción, para evitar daños, proteger los transeúntes y los trabajadores.

1.5 Revisión de verticalidad

El Contratista debe asegurar que la obra se realice con la verticalidad de los muros y columnas indicada en planos. En ningún caso se aceptarán variaciones de verticalidad de cada nivel iguales o superiores a 1/500 de la altura entre niveles. Las revisiones de verticalidad deben ser realizadas por un ingeniero topógrafo y consignadas en un informe. Estas verificaciones se realizarán al menos en las cuatro fachadas o costados del edificio y por lo menos una vez durante el avance de la obra gris.

2 Concreto reforzado

2.1 Concreto

2.1.1 Condiciones generales

Bajo esta partida el Contratista suministrará todos los materiales, mano de obra y equipo necesarios para la construcción de todas las obras de concreto reforzado, según se detallan en los planos o se mencionan en las especificaciones.

En la fabricación, transporte y colocación del concreto se deben cumplir todas las recomendaciones del American Concrete Institute (ACI Instituto Americano del Concreto), contenidas en el informe del Comité ACI - Specifications for Structural Concrete for Buildings (Especificaciones para Concreto Estructural para Edificios) (1), última revisión y las disposiciones del Capítulo 8 del Código Sísmico de Costa Rica (2010) (2).

Se consideran también incluidas en estas especificaciones la normativa de la American Society for Testing and Materials (ASTM - Sociedad Americana para Pruebas de Materiales).

Antes de proceder al vaciado del concreto, el Contratista ejecutará todo el trabajo necesario para la instalación de pernos, barras de suspensión, casquillos, marcas y cualquier otra pieza que debe quedar empotrada, según se indique en planos, en especificaciones, o según sea necesario para la correcta ejecución de la obra.

2.1.2 Resistencia del Concreto

2.1.2.1 Resistencias Mínimas

La resistencia a la compresión especificada se medirá en cilindros de 150 mm x 300 mm a los 28 días de edad, de acuerdo con la especificación ASTM C 39, última revisión. El concreto usado en la obra debe tener un revenimiento no mayor de 100 mm y la mezcla debe ser de consistencia adecuada, sin exceso de agua, plástica y trabajable, de manera que se pueda colocar sin dejar cavidades ni vacíos.

Antes de iniciar la obra y con debida anticipación (al menos 36 días antes de iniciar la fabricación del concreto), deberá el Contratista presentar al Inspector los diseños de la mezcla de concreto para cada resistencia especificada, realizados por un laboratorio de materiales reconocido, basado el diseño y proporciones de los agregados que el Contratista haya almacenado en el sitio. Se obtendrán 9 cilindros de la mezcla de diseño a ser aprobados a los 7, 14 y 28 días. Antes de iniciar el colado de elementos estructurales se debe conocer los resultados de resistencia y del diseño de la mezcla. El diseño de mezcla debe ser presentado al Inspector con al menos la siguiente información:

- (a) Identificación del proyecto.
- (b) Nombre del Contratista y del productor del concreto.
- (c) Designación de los diseños de mezcla.
- (d) Clase de concreto y uso especificado.
- (e) Proporciones del materiales.
- (f) Nombre y lugar de las fuentes de los materiales de los agregados, cementos, aditivos y agua.

- (g) Tipo de cemento, tipo de sustituto del cemento (puzolana, humo de sílice u otro) y fabricante.
- (h) Contenido de cemento en kilos por metro cúbico de concreto.
- (i) Pesos de los agregados gruesos y finos, saturado superficie seca, en kilos por metro cúbico de concreto.
- (j) Contenido de agua (incluyendo humedad libre en el agregado más agua en el tambor, excluyendo la humedad absorbida en el agregado) en kilos por metro cúbico de concreto.
- (k) Medida de relación agua cemento.
- (l) Dosificación de aditivos.
- (m) Análisis granulométrico de los agregados finos y gruesos.
- (n) Absorción del agregado fino y grueso.
- (o) Gravedad específica bruta seca y saturada de los agregados fino y grueso.
- (p) Pesos unitarios secos envarillados de agregado grueso, en kilogramos por metro cúbico.
- (q) Módulo de finura del agregado fino.
- (r) Certificaciones de calidad para cemento, aditivos y agregados.
- (s) Valores de revenimiento del concreto con y sin inclusores de aire.
- (t) Valores de contenido de aire en el concreto.
- (u) Peso unitario del concreto.
- (v) Resistencia especificada de diseño (f'_c) y resistencia promedio requerida (f'_{cr}) a los 28 días (ver Tabla 2.1 si no se cuentan con suficientes datos de la resistencia promedio requerida).
- (w) Resultados de resistencia aprobados a los 7, 14 y 28 días. Cada prueba de resistencia a la compresión consiste en la falla de al menos dos cilindros de la misma edad conforme a la norma ASTM 39 M.

Si se cambia la fuente de los materiales o si el módulo de finura del agregado fino cambia en más de 0.20, entonces es necesario realizar un nuevo diseño de mezcla. En ese caso no se aprobará la colocación del concreto en obra hasta obtener los resultados a las edades antes mencionadas (7, 14 y 28 días). Si esto ocasiona atrasos en la obra, estos deben correr por parte del Contratista. En ese caso no se otorgará una ampliación del plazo a menos que el cambio de materiales ser por fuerza mayor o por solicitud del Propietario.

Tabla 2.1 Resistencia promedio requerida en función de la resistencia a la compresión simple especificada de elementos de concreto reforzado.

Resistencia a la compresión simple especificada, f'_c (kg/cm ²)	Resistencia promedio requerida a la compresión simple f'_{cr} (kg/cm ²)
Entre 210 y 350	$f'_c + 85$
Mayor a 350	El mayor de $f'_c + 100$ y $1.1 f'_c + 50$

En la construcción de los elementos de concreto reforzado, detallados en los planos o mencionados en las especificaciones, se empleará concreto con una resistencia según la Tabla 2.2.

Tabla 2.2 Resistencias mínimas a la compresión simple de elementos de concreto reforzado.

Elemento	Resistencia a la compresión simple (kg/cm ²)
Cimentaciones	210
Sello de fundaciones	105
Losas	210
Vigas	210
Muros	210

La relación agua a materiales cementicios (A/C) será determinada por medio de pruebas que obtengan la resistencia requerida, pero nunca mayor de 24.5 l por saco de cemento ($A/C \leq 0.5$).

El revenimiento será determinado en la obra por el método de la norma ASTM C 143 y conforme a los valores de la Tabla 2.3.

Tabla 2.3 Intervalo de revenimiento para la elaboración de mezclas de concreto.

Elemento	Revenimiento mínimo (mm)	Revenimiento máximo (mm)
Cimentaciones	50	70
Muros, losas y vigas	60	90

2.1.2.2 Control de Resistencia

El Contratista debe facilitar un mínimo de 6 moldes de acero para tomar los cilindros de prueba, y debe dar la colaboración necesaria para obtener las muestras de concreto. De cada operación diaria de colado se tomarán 6 cilindros de prueba. En la bitácora se anotará la fecha de colado, los elementos estructurales, número y designación de los cilindros, revenimiento y los valores de resistencia obtenidos. La frecuencia de los ensayos se basa en el mayor valor de los siguientes criterios:

- Una vez cada día que se coloque determinada clase.
- Una vez por cada 110 m³ de cada clase dada cada día*.
- Una vez por cada 460 m² de superficie de losa o muro construido cada día.

*Si el espesor es menor a 245 mm se requerirán más muestras por cada 110 m³ colados cada día.

Cuando los anteriores criterios resulten en menos de cinco ensayos de resistencia para cada clase de concreto, los ensayos deben realizarse por lo menos cinco tandas de mezclado seleccionadas al azar o en cada tanda cuando se realicen menos de cinco tandas.

Cuando la cantidad total de cada clase sea inferior a 38 m³ no es necesario realizar pruebas de laboratorio siempre y cuando se evidencie que la resistencia es satisfactoria.

Un ensayo de resistencia debe ser el promedio aritmético de las resistencias de dos cilindros hechos de la misma muestra de concreto (batida) y fallados a los 28 días o a la edad de ensayo establecida para la determinación de f'_c . Las muestras para los ensayos de resistencia deben tomarse de acuerdo con "Standard Practice for Sampling Freshly Mixed Concrete" ASTM C 172. Los cilindros fabricados y curados en laboratorio deben satisfacer la norma "Standard Practice for Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field" ASTM C 31M y deben ensayarse con la norma "Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens" ASTM 39 M.

Si los resultados de las pruebas resultan defectuosos y los valores de resistencia menores a la especificada podrá entonces el Inspector ordenar demoler y reconstruir las partes de la obra afectadas, por cuenta del Contratista. El criterio de aceptación de la resistencia de una clase determinada se basa en los siguientes dos puntos.

- (a) cada promedio aritmético de 3 ensayos de resistencia consecutivos debe ser igual o superior al valor f'_c especificado.
- (b) Ningún resultado individual del ensayo de resistencia es menor al valor de f'_c especificado en 35 kg/cm^2 si f'_c es igual o menor a 350 kg/cm^2 o por más de $0.10 f'_c$ cuando f'_c es mayor a 350 kg/cm^2 .

En caso de que se incumpla con lo anterior se permite realizar núcleos extraídos de la zona en cuestión según la norma "Standard Test Method for Obtainy and Testing Drilled Cores and Saved Beams of Concrete" ASTM C42M y se deben 3 núcleos por cada resultado que incumpla con lo anterior.

Se aceptará el concreto de la zona representada por los núcleos si el promedio de 3 núcleos es por lo menos 85% de la resistencia f'_c especificada y ningún núcleo posee una resistencia menor al 75% de la resistencia f'_c especificada.

Si el concreto no se acepta bajo ninguno de los criterios y procedimientos antes citados, entonces el Contratista deberá removerlo completamente reemplazarlo nuevamente. En ese caso el costo y el impacto en tiempo serán asumidos completamente por el Contratista.

El costo del trabajo de laboratorio corresponde al Contratista. Si el propietario o el Inspector solicitaran pruebas adicionales, éstas correrán por cuenta del Propietario.

2.1.3 Materiales

2.1.3.1 Cemento

El cemento a emplear en la obra será cemento Portland tipo 1 Normal, y debe cumplir con la especificación ASTM C 150, última revisión y con las disposiciones de cemento tipo 1-RTCR de la norma RTCR 383:2004. En la obra debe utilizarse la marca y el tipo de cemento utilizado en los diseños de mezcla. No se usará otra marca o tipo sin previa aprobación del Inspector.

Debe llegar al sitio de la construcción en los envases originales sin dañar, debe estar fresco, y no debe mostrar evidencias de endurecimiento. Se debe almacenar en bodega seca sobre tarimas de madera, en estibas no mayores de 10 sacos. No debe estar almacenado por más de 30 días.

2.1.3.2 Agua

Se usará agua potable tal y como la suministran las empresas de servicios públicos locales para consumo humano. En el diseño de mezcla se debe utilizar la misma agua utilizada en el sitio donde se fabrica el concreto (en planta y en obra).

El agua empleada en la mezcla de concreto debe ser limpia y libre de cantidades perjudiciales de grasas, aceites, materias orgánicas, alcalis, ácidos e impurezas que puedan afectar resistencia y las propiedades físicas del concreto y del acero de refuerzo. No debe utilizarse agua impotable para la elaboración del concreto.

2.1.3.3 Agregados

Los agregados empleados en la mezcla deben ser clasificados según su tamaño, y se deben almacenar en forma ordenada y separados según granulometría, evitando que se mezclen. No se deben almacenar en contacto con el suelo para evitar que se mezclen con materia orgánica o tierra. Los agregados deben cumplir con la especificación ASTM Designación C 33, última revisión, y la norma INTE 06-01-02-09.

2.1.3.3.1 Agregado Fino

La arena o agregado fino debe ser lavado, limpiado, libre de impurezas, materia orgánica y limo, y la granulometría debe cumplir con los requisitos de las especificaciones correspondientes, para obtener un concreto denso y trabajable, sin exceso de cemento.

2.1.3.3.2 Agregado Grueso

Los agregados gruesos serán con base en piedra triturada sana. El tamaño máximo del agregado será de 40 mm para placas y vigas de fundación y de 25 mm para los demás elementos estructurales. Para proporciones de la mezcla de concreto se exigirá utilizar mínimo dos tamaños de piedra, debidamente clasificados, con granulometría adecuada para obtener una mezcla trabajable y densa. Asimismo el tamaño máximo del agregado grueso no debe ser superior al menor de:

- (a) $\frac{1}{5}$ de la menor separación entre los lados del encofrado o la menor dimensión del elemento.
- (b) $\frac{1}{3}$ de la altura de la losa.
- (c) $\frac{3}{4}$ espaciamiento mínimo libre entre las barras o alambres individuales y paquetes de barras.

2.1.3.4 Aditivos

Se podrán utilizar en la mezcla de concreto un aditivo apropiado para tener mayor plasticidad, densidad y trabajabilidad y para aumentar la resistencia final del concreto. Además pueden servir para retardar la fragua inicial del cemento de acuerdo con las condiciones climáticas del sitio. No deben usarse aditivos y acelerantes que contengan cloruro de calcio.

Los aditivos deben ser aprobados previamente por el Inspector, y en el empleo se deben seguir las instrucciones del fabricante. Debe ser de marca y propiedades conocidas, debe llegar al sitio de la obra en sus envases originales, y debe cumplir con la especificación ASTM designación C 494, última revisión.

Todo el concreto que se fabrique para ser utilizado en losas de techo debe mezclarse con un aditivo impermeabilizante tipo Sterad 300 o de calidad superior, con una dosificación de 4 litros por cada metro cúbico de concreto o de acuerdo a las indicaciones del fabricante. Además deberá mezclarse con fibra de polipropileno, con una dosificación de 6.5 kg por cada metro cúbico de concreto, esta fibra debe adicionarse progresivamente mientras se realiza el mezclado.

2.1.4 Almacenamiento, fabricación y colocación

2.1.4.1 Almacenamiento

Se almacenará y se manipulará todo material de manera que se prevenga la segregación, contaminación u otro efecto dañino. No se usará cemento o puzolana que contenga evidencias de contaminación o estar afectados por humedad. Los sacos de cemento serán ser almacenados sobre tarimas de madera, o cualquier otro sistema que impida su contacto con el suelo con una separación mínima de 200 mm. Además serán cubiertos con lona o similar para evitar daños por humedad. No debe sobreponerse más de 14 sacos y el periodo máximo de almacenamiento de cada unidad no debe ser mayor a 60 días.

Los agregados serán almacenados y manipulados de manera que se asegure un contenido de humedad uniforme en el momento de mezclados. Para ello deben estar cubiertos con lona, plástico negro u otro similar. Los apilamientos deben estar separados y no permitir que los distintos tipos de agregados estén en contacto entre sí y con otros materiales.

2.1.4.2 Mezclado

Las proporciones para la elaboración del concreto deberán hacerse preferiblemente por peso excepto el agua que se puede medir por volumen. El peso de un saco de cemento será estimado en 50 kg y el de un litro de agua en 1 kg.

El Contratista debe proveer el equipo adecuado para la precisión de las medidas y control de los materiales, tales como báscula para pesaje, vibrador, equipo de aire comprimido, bomba de concreto, grúa, etc. Las tolerancias en la dosificación deben cumplir con lo indicado en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4 Tolerancias en la dosificación de mezclas de concreto reforzado.

Material	Tolerancia (%)
Cemento	± 1 %
Agua	± 1 %
Agregado	± 2 %
Aditivo	± 3 %

Los agregados deben dosificarse para usar en cada batida uno o más sacos de cemento enteros; no se permite usar el proporcionamiento de fracciones de saco de cemento.

El Contratista debe disponer en el sitio de dos mezcladoras, para asegurar un mezclado continuo. Las mezcladoras y el equipo para el transporte, colocación y compactación del concreto deben estar en perfectas condiciones de mantenimiento, para evitar interrupciones durante el proceso de colado. El tiempo de mezclado de cada batida será de un minuto y medio como mínimo, contados a partir del momento en que todos los materiales, agregados, agua y cemento, se encuentren en la mezcladora, cuando sean 10 sacos o menos. Si son más de 10 sacos, 15 segundos adicionales para cada 10 sacos o fracción de capacidad adicional.

Si se emplea en la obra concreto premezclado, éste debe cumplir con la especificación ASTM C 94, última revisión, y debe cumplir con los requisitos de estas especificaciones.

En ningún caso se agregará más agua al concreto que la provista durante el mezclado.

2.1.4.3 Colocación y vibrado del concreto

El Inspector debe aprobar los encofrados y moldes y la disposición y recubrimiento de las varillas de refuerzo. El Contratista debe notificarse con dos días de anticipación la fecha y hora en que pretende iniciar el colado de concreto, y no procederá sin la autorización expresa del Inspector y sin la presencia de un representante personal de éste. La autorización debe constar en el libro de Bitácora.

El Contratista debe disponer de equipo apropiado para la rápida colocación del concreto y el Inspector debe dar la aprobación al equipo a emplear en la obra.

Debe contar con un mínimo de tres vibradores de alta frecuencia para la compactación del concreto, en óptimas condiciones de operación. El diámetro máximo del cabezote de los vibradores será de 65 mm, se debe contar con uno de diámetro delgado de 25 mm y para vibrar secciones delgadas o densamente reforzadas.

Antes de proceder con el colado del concreto se deben realizar las pruebas de revenimiento conforme a la norma ASTM C 143 para comprobar que se encuentra dentro de los límites tolerables para la colocación (ver de la Tabla 2.3) y del diseño de mezcla.

No se colocará el concreto hasta que el ingeniero residente o el Inspector revise y apruebe los encofrados y otros accesorios.

El colado se debe realizar sin interrupción entre las juntas de construcción previamente aprobadas por el Inspector. El colado debe interrumpirse en caso de lluvia y cuando ésta pueda lavar la superficie del concreto fresco.

El concreto se colocará en capas horizontales de un espesor máximo de 300 mm que se consolidará por medio de vibradores especiales para cada tipo de estructura.

En las labores de transporte y colocación se tendrá especial cuidado de que el concreto no se segregue; para esto el concreto no debe lanzarse de una altura mayor de 2 m para volúmenes grandes y de 1.5 m para chorreas con baldes, etc. Tampoco se permite que el concreto se deslice por causas de más de 4m de longitud, ni de una inclinación mayor a 45 grados.

No se permitirá en ningún caso colocar concreto después de transcurrir 45 minutos de su preparación; tampoco será permitido renovar el concreto agregándole agua o cemento para usarlo en las estructuras.

2.1.4.4 Encofrados

El Contratista debe encargarse del diseño, construcción o colocación y remoción de los encofrados y andamios para el soporte temporal del concreto de vigas, columnas, muros, entresijos y demás elementos estructurales indicados en planos.

Los encofrados para la estructura y elementos de concreto deben ser de construcción fuerte y rígida, para evitar deformaciones debidas a la presión del concreto fresco y para permitir el uso repetitivo sin daño y deterioro. Los encofrados deben ajustarse a las formas y dimensiones dadas en los planos. La limpieza de los encofrados se debe realizar mediante aire comprimido para garantizar la remoción de material suelto y escombros.

La madera para encofrados de concreto expuesto deberá ser lijada, excepto cuando se emplee madera contrachapada, acero o plástico. No se permitirán el uso de maderas que produzcan manchas en el concreto.

La obra falsa que sirve de apoyo a los encofrados, debe ser diseñada y construida para resistir el peso de los elementos a colar y las sobrecargas impuestas durante el proceso de construcción. Debe tener, por lo tanto, suficiente resistencia y rigidez para soportar las cargas previstas sin deformaciones excesivas. El diseño y construcción de encofrados y de la obra falsa es responsabilidad del Contratista.

Los materiales para formaleta serán de madera, acero o cualquier otro material aceptado por el Inspector.

Se debe diseñar el andamiaje y los encofrados de modo que no existan asentamientos diferenciales no tolerables. Las deflexiones calculadas para la obra falsa y los encofrados deben cumplir con los criterios que se indican posteriormente, pero no puede ser superior a 25 mm.

- (a) Deflexión vertical de obra falsa: $1/360$ de la luz para la carga muerta del concreto. Para ello debe realizarse contraflechas.
- (b) Encofrados que no sean forros: $1/360$ de la luz para la carga muerta del concreto.
- (c) Encofrados que sean forros: $1/270$ de la distancia entre apoyos para la carga muerta del concreto.

Cuando se empleen puntales, paneles y obra falsa patentados, deberá seguirse cuidadosamente todas las indicaciones del fabricante.

El Inspector podrá solicitar en cualquier momento al Contratista planos detallados del encofrado y la memoria de cálculo de los diseños.

La operación de remover la formaleta se iniciará cuando el concreto haya endurecido lo suficiente para que la seguridad estructural, rigidez y apariencia no se vean afectadas. Este proceso deberá ejecutarse con el cuidado necesario para evitar que se agriete o desconche la superficie o las aristas del concreto.

No considerando los aditivos empleados, o situaciones adversas, la siguiente tabla indica el mínimo número de días que el concreto debe quedar confinado en los moldes después de colado. No obstante los encofrados y anadamios no se pueden retirar hasta que se alcance la resistencia mínima a la compresión simple indicada en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5 Periodo mínimo de encofrado y resistencia a la compresión simple mínima requerida para retirar el encofrado de elementos de concreto reforzado

Elemento	Días mínimos	Porcentaje resistencia mínima a la compresión simple requerida (%)
Fondos de losas con claros menores a 3.6 m	8	60
Fondos de losas con claros mayores a 3.6 m	14	80
Fondos de voladizos (losas y vigas)	21	90
Losas y voladizos soportados sobre viguetas de acero o vigas de concreto postensado	10	70
Muros y columnas estructurales	14	80
Muros y columnas sin soporte de cargas	4	50
Costados de vigas no expuestas	8	60
Costados de vigas expuestas	4	50
Fondos de vigas con claros menores a 6 m	14	80
Fondos de vigas con claros mayores a 6 m	21	90

El Contratista estará obligado a mantener la obra falsa que soporte los miembros estructurales por más tiempo del estipulado en estas especificaciones, en el caso que los cilindros de 7 y 14 días probados en el laboratorio escogido por la Inspección, hagan dudar de la resistencia final del concreto.

Las caras internas de los encofrados que se encuentren en contacto con el concreto deben estar cubiertas de un desmoldante. No se admitirá el uso de una mezcla de diesel, graso o aceite. El material deber un producto especializado para tal uso y que no tenga un impacto ambiental desfavorable. Por este motivo el desmoldante a utilizar debe ser sometido a aprobación por el inspector.

2.1.4.4.1 Formaleta de madera para superficies sin repellar

Para superficies que serán tratadas sin repellar se usará en la formaleta, madera laminada nueva o madera cepillada de primera calidad.

2.1.4.4.2 Formaleta de madera para superficies por repellar

Cuando se trate de superficies que irán repelladas la madera será machimbrada o lisa.

2.1.4.5 Juntas de construcción

Toda junta de construcción horizontal o vertical, debe ser aprobada por el Inspector, quien determinará la forma de realizar las juntas y la disposición de dientes, llaves y anclajes. Las juntas deben ser ejecutadas cuidadosamente y

localizarse en sitios tales que no se afecte la resistencia de la estructura. Deben espaciarse de acuerdo con el volumen de concreto a colar y serán determinadas en consulta con el Inspector.

Todo el refuerzo adicional para juntas de construcción será provisto por el Contratista sin costo adicional para el Propietario.

Las juntas de construcción de losas de fundación, de entrepiso y de azotea podrán ser escalonadas a media altura o preferiblemente con pendiente a 45 grados. Las juntas de construcción los muros, columnas y pedestales deberán ser horizontales.

Antes de colocar los encofrados adyacentes a una junta de construcción, se debe picar el concreto para obtener una superficie rugosa, y se debe limpiar ésta cuidadosamente con aire comprimido para eliminar material suelto y escombros antes de proceder a la colocación del concreto. Se debe humedecer la junta de construcción y se debe cubrir la superficie con una lechada espesa de cemento o un adherente epóxico de alta resistencia tal como Maxistick 580 LPL de Intaco u otro superior.

2.1.4.6 Curado del concreto

Inmediatamente después de colado el concreto, se deben proteger las superficies expuestas de los efectos de la intemperie, del sol y la lluvia, y se deben cubrir con láminas plásticas o manteados.

El curado con agua se iniciará tan pronto el agua libre haya desaparecido de la superficie. Todas las superficies de concreto se deben mantener húmedas en forma constante un mínimo de ocho días. Si se ha utilizado puzolana con exceso de 10 % por peso de cemento Portland, se debe realizar el curado por un periodo mínimo de 10 días. Se permite el uso de aditivos para formar una membrana sobre la superficie de concreto, que impide la pérdida y evaporación de agua. También se permite el uso de membranas plásticas o manteados con el mismo fin.

El Contratista deberá tener a disposición y en el sitio de la obra, al menos 50 m² de lona polietileno y otro tipo de cubierta, que a juicio del Inspector sirva para proteger el concreto en caso de lluvia. No sirven para este efecto las bolsas de cemento.

En todo caso el proceso de curado debe ser compatible con el concreto, su apariencia final y los materiales de acabado que se apliquen posteriormente.

2.1.5 Reparación de defectos en el concreto

Se deben reparar todos los defectos en el concreto, cavidades, vacíos e irregularidades, picando la sección defectuosa, eliminando el material suelto y limpiando con aire comprimido. Las secciones defectuosas así preparadas se llenarán con mortero o concreto de baja contracción, el cual se preparará y aplicará siguiendo las instrucciones del fabricante. El material de reparación no puede ser colocado si este tiene más de una hora de haber sido fabricado.

Se deben esmerilar las irregularidades de las juntas y superficies reparadas para obtener una superficie lisa y uniforme en el caso de concreto expuesto. Antes de proceder a hacer correcciones al concreto, se deberá solicitar la autorización a los Inspectores, quienes resolverán la conveniencia o no de llevarla a cabo. Será responsabilidad

absoluta del contratista el que no cumpla con este requisito pudiéndose ordenar la reposición total del elemento afectado.

Por otra parte se deben reparar los agujeros en el concreto causados por los anclajes o separadores de los encofrados con mortero o concreto de baja contracción.

2.2 Acero de refuerzo

2.2.1 Materiales

2.2.1.1 Barras de refuerzo

Todo el acero de refuerzo debe ser corrugado y tendrá una resistencia con límite de fluencia de acuerdo a la designación según se indica en la Tabla 2.6.

Tabla 2.6 Requisitos de resistencia a la tensión del acero de refuerzo.

Designación	f_y mínimo (kg/cm ²)
#2 en adelante	4200

El límite de rotura para el acero debe exceder en al menos 1300 kg/cm² al esfuerzo de cedencia y la deformación en el límite de rotura debe ser por lo menos quince (15) veces la deformación del estado de cedencia.

Todo el acero de refuerzo deberá cumplir con la última revisión de las especificaciones ASTM A 706M o ASTM A 615. En el caso que el refuerzo deba ser soldado las barras deben satisfacer la especificación ASTM A706. Las deformaciones de las varillas deben estar de acuerdo con la última revisión de la designación ASTM A 305 "Requisitos Mínimos para las Deformaciones de las Varillas Deformadas para Refuerzo de Concreto".

Las barras deben cumplir con alguna de las normas mencionadas anteriormente donde la resistencia a la fluencia se debe tomar como el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0.35%. El esfuerzo real de cedencia no debe sobrepasar el esfuerzo especificado en más de 1260 kg/cm² y la razón de la resistencia última a la tracción al esfuerzo de cedencia real no debe ser inferior a 1.25.

Todas las varillas deberán colocarse libres de herrumbre, costras, grasa, aceite, pintura o reducir su adhesión al concreto.

2.2.1.2 Alambre

El alambre usado para refuerzo transversal de concreto estará de acuerdo con la especificación ASTM A 82.

El refuerzo electrosoldado de alambre corrugado debe cumplir con la norma ASTM A 497M. Para alambres con un esfuerzo mínimo de fluencia mayor a 4900 kg/cm² el valor del esfuerzo de cedencia se determinará una deformación unitaria de 0.35%.

2.2.2 Muestras y Pruebas

El Inspector podrá seleccionar una muestra de seis barras de 1.0 m de largo de cada diámetro y tipo de varilla por cada treinta varillas incorporadas a la obra con el propósito de someterlas a pruebas mecánicas. Las primeras cinco barras de cada denominación son para realizar los ensayos de tensión y la última es para realizar dos pruebas de dobléz. En el control de calidad se verificarán los requisitos de resistencia a la tensión y deformaciones mencionados arriba. El reporte del laboratorio debe contener al menos los resultados de los siguientes puntos:

- (a) Comprobar los requisitos de dobléz y de corrugación conforme la norma ASTM A 706.
- (b) El esfuerzo de cedencia especificado es de 4200 kg/cm², el cual se debe tomar como el esfuerzo correspondiente a una deformación unitaria de 0.35%.
- (c) El límite de rotura para el acero debe exceder en al menos 1300 kg/cm² al esfuerzo de cedencia.
- (d) La deformación en el límite de rotura debe ser por lo menos quince (15) veces la deformación del estado de cedencia.
- (e) El esfuerzo real de cedencia no debe sobrepasar el esfuerzo especificado en más de 1260 kg/cm².
- (f) La razón de la resistencia última a la tracción al esfuerzo de cedencia real no debe ser inferior a 1.25.

El suministro del acero de refuerzo debe ser de un fabricante certificado bajo las normas de calidad de la legislación vigente. Las barras de refuerzo deben ser despachadas en atados estándar, etiquetadas y marcadas de acuerdo con CRSI "Manual de práctica estándar". El Inspector puede exigir el certificado de producción de los empaques de del acero refuerzo.

2.2.3 Almacenamiento

El acero de refuerzo será almacenado sobre tarimas de madera, plataformas, vigas o cualquier otro sistema que impida su contacto con el suelo y será cubierto con lona o similar para evitar la corrosión o su contaminación.

Todo el trabajo y el material de refuerzo y su colocación en la obra deberán someterse a la aprobación del Inspector antes de colar el concreto. Para ello, el Contratista deberá preparar con la suficiente anticipación los elementos que el Inspector debe revisar y avisarle con dos días hábiles de anticipación como mínimo. Cualquier omisión que hubiese en el detallado de los planos de acero de refuerzo se ejecutará de acuerdo con las normas del ACI y del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2), sin que esto constituya costo adicional.

No se permite refuerzo que se encuentre agrietado, laminado o cubierto con suciedad, óxido, escamas sueltas, pintura, grasa, aceite, u otro material perjudicial.

2.2.4 Colocación del refuerzo

2.2.4.1 Generalidades

El espaciamiento y empalme de las varillas, el refuerzo lateral, el refuerzo para temperatura y para contracción, y el recubrimiento de concreto para la varilla se hará de acuerdo con las especificaciones 7.5 a 7.13 de la última revisión del Código ACI-318 (1) y Capítulo 8 del Código Sísmico de Costa Rica (2010).

Excepto en los pedestales, la separación libre mínima entre varillas paralelas que no son parte de un paquete, no deberá ser menor que el diámetro de las varillas ni menor de 25 mm.

Cuando el refuerzo en vigas es colocado en dos o más capas, las varillas de las capas superiores irán colocadas directamente encima de las capas inferiores. La separación centro a centro de las varillas colocadas en periferia de las columnas no deberá ser menos de uno y media veces el diámetro de la barra ni menor a 40 mm.

2.2.4.2 Espaciadores

El refuerzo se colocará cuidadosamente y se soportará adecuadamente sobre cubos de concreto y espaciadores y se asegurará contra desplazamientos fuera de los límites tolerables, en forma tal que resista el peso de los armadores. No se permitirá el uso de accesorios metálicos, piedra o madera como espaciadores o soportes.

2.2.4.3 Ganchos y dobleces

Los ganchos y dobleces de tipo estándar se harán de acuerdo con las especificaciones 7.1, 7.2 y 7.3 de la última revisión del Código ACI-318 (1).

Los dobleces de las varillas para estribos y aros cuyo diámetro sea menor o igual a 15.88 mm se harán alrededor de un perno de doblar cuyo diámetro no será menor de 4 veces el diámetro de la varilla. Para estribos y aros de diámetro mayores a 15.88 mm se realizarán alrededor de un perno de doblar cuyo diámetro no será menor de 6 veces el diámetro de la varilla.

Para otros refuerzos de los dobleces cuyo diámetro sea menor o igual a 25.4 mm se hará alrededor de un perno de doblar, de diámetro no menor de 6 veces el diámetro de las varillas. Para otros refuerzos de los dobleces cuyo diámetro sea mayor a 25.4 mm pero menor o igual a 35.81 mm se elaborarán alrededor de un perno de doblar de diámetro no menor de 8 veces el diámetro de las varillas. Para refuerzos de mayor diámetro a 35.81 mm los dobleces se realizarán alrededor de un perno de doblar de diámetro no menor de 10 veces el diámetro de las varillas.

Todos los dobleces se harán en frío y ningún refuerzo parcialmente embebido en el concreto puede doblarse en la obra excepto cuando así se indique en los planos o sea indicado por el inspector.

Los ganchos serán en forma semicircular, se harán alrededor de un perno de doblar, de diámetro no menor de 6 ni mayor de 12 veces el diámetro de la varilla.

2.2.4.4 Limpieza del refuerzo

En el momento de colocar el concreto, el refuerzo de acero deberá estar libre de escamas de herrumbre, tierra o cualquier otro recubrimiento que pueda eliminar o reducir la adherencia del concreto.

2.2.4.5 Traslapes y Anclajes

Los traslapes de varillas deben tener una longitud de acuerdo con lo indicado en los capítulos 12 y 21 del ACI-318 (1). Su ubicación debe cumplir con lo indicado por el Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2) en el capítulo 8, y se debe colocar aros adicionales en cada zona de traslape. En los planos se indica las longitudes de anclajes y traslapes para cada diámetro de varilla. Los anclajes deben cumplir con el artículo 8.5 del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2).

No se harán traslapes de varillas en tensión en zonas de máximo esfuerzo cortante.

Los extremos de las varillas sobrepuestas se amarraran fuertemente de modo que no queden entre ellos aberturas difíciles de llenar a la hora del colado.

La separación libre entre las varillas se aplica también a la separación libre entre un traslape y los traslapes adyacentes.

El refuerzo de malla de alambre soldado se traslapará sobreponiendo una malla sobre la otra no menos de 200 mm y amarrando fuertemente las esquinas con alambre. El alambre a usar en los traslapes será galvanizado #10. Todas las varillas de refuerzo deben anclarse por medio de prolongaciones adecuadas de la misma y por medio de ganchos. La longitud de anclaje se medirá a partir de la cara opuesta de los elementos de apoyo.

Se deben ubicar los traslapes de forma que al menos 50% del refuerzo longitudinal sea continuo y la distancia mínima entre empalmes no puede ser inferior a 300 mm. En casos en que sea necesario traslapar más del 50% de las varillas en un solo punto las longitudes de traslapes serán aumentadas en un 100% según las normas del ACI-318 (1).

2.2.4.6 Tolerancia de fabricación

Dimensión longitudinal de barras: 40 mm de más o de menos.

Dimensión longitudinal de anclajes: 10 mm de menos.

Dimensión de aros: 10 mm de más o de menos pero con los lados paralelos.

2.2.4.7 Tolerancias de Colocación

Recubrimiento: 5 mm de menos y 10 mm de más.

Ubicación vertical: en losas 5 mm de más o de menos y otros elementos 15 mm de más o de menos.

Ubicación transversal: 20 mm de más o de menos, pero manteniendo las separaciones entre varillas sobre el mínimo permitido.

Separación de aros: 20 mm de más o de menos sin disminuir el número de aros.

2.2.4.8 Recubrimiento

Cuando el concreto sea colocado directamente sobre el terreno como en losas o placas de fundación, cimientos para muros de cortante y otras estructuras, el refuerzo se colocará a no menos de 75 mm netos, sobre la superficie del terreno. Si después de la remoción de la formaleta, la superficie del concreto quedara en contacto con el terreno o a la intemperie, el recubrimiento neto será no menor de 50 mm para varillas con un diámetro mayor o igual a 19.1 mm y de 40 mm para barras de menor diámetro.

En vigas y losas expuestas a la intemperie, el recubrimiento del refuerzo deberá ser de 40 mm. En vigas interiores deberá garantizarse un recubrimiento de 40 mm. En losas de concreto reforzado, muros y viguetas interiores el recubrimiento neto deberá ser de al menos 20 mm para barras con un diámetro menor a igual a 35.8 mm y de al menos 40 mm para refuerzo con mayor diámetro.

Los repellos no se consideran parte del recubrimiento.

Cuando por razones de acomodo del refuerzo no se pueda cumplir con el recubrimiento, las barras de acero deberán impregnarse con Corrostop Inhibidor de Óxido de Sur o Corroless de Protecto o con algún otro inhibidor de corrosión de superior calidad, de acuerdo con las indicaciones del fabricante.

3 Mampostería

3.1 Generalidades

Bajo esta partida el Contratista suministrará todos los materiales, mano de obra y equipo necesarios para la construcción de todas las obras de mampostería, según se detallan en planos o se mencionan en las especificaciones.

Antes de iniciar el trabajo con las estructuras en mampostería, el Contratista debe familiarizarse con los planos y con todas las labores que tengan relación con su trabajo.

Todas las medidas que se dan en planos deben ser verificadas en sitio antes de la fabricación de las estructuras respectivas.

El Contratista acepta que el alcance del trabajo, las especificaciones y los planos son adecuados y que los resultados que se desean podrán ser obtenidos por la interpretación correcta que de los mismos se haga. Ningún aumento o costo extra será aceptado por supuestas dificultades para obtener los resultados deseados debido a la interpretación que se haga de los planos y/o de las especificaciones, excepto cuando tal salvedad fuere consignada al presentar la oferta original.

El Contratista será el único responsable de reparar o sustituir cualquier elemento que resulte dañado por la erección, manejo, construcción, etc., de las obras que realice. Esto incluye acabados de pisos, paredes, cielos y elementos estructurales.

Donde se indiquen paredes o muros de mampostería, estas deberán cumplir con los requisitos de mampostería clase A del anexo A del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2) y consistirán de bloques de 120 mm x 200 mm x 400 mm, de 150 mm x 200 mm x 400 mm y de 200 mm x 200 mm x 400 mm según se indica en planos. Los bloques deben ser de primera calidad, fabricados en máquina automática, a base de cemento Portland y los agregados apropiados, tales como arena, grava, piedra triturada, piedra pómez o escoria volcánica, con superficies y texturas aprobadas por el Inspector, sin desperfectos o grietas, de dimensiones uniformes y con cantos bien afinados. Donde se indique refuerzo vertical y horizontal, este irá dentro de los huecos de los mismos y será el que se especifique en los planos, pero no será menor a varilla #3 a cada 600 mm vertical y #3 a cada 600 mm horizontal. Adicionalmente se deberán cumplir todos los requisitos que dispone el capítulo 9 y el anexo A del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2).

La resistencia a la compresión de la mampostería debe basar en ensayos de prismas construidos con los mismos materiales y mano de obra del proyecto. Estos serán ensayados con base en la norma INTE 06-02-18-07.

3.2 Bloques de concreto

Los bloques de mampostería deben ser Clase A, es decir, bloques de concreto con resistencia promedio a la compresión medida sobre el área neta a los 28 días de edad no menor de 133 kg/cm² y con un mínimo para cada muestra individual de 120 kg/cm². La resistencia a la compresión sobre el área total de los bloques de concreto será tal que el promedio de 3 unidades no sea inferior a 45 kg/cm² y ninguna de las unidades ensayadas tenga una resistencia menor que 40 kg/cm².

Además los bloques deberán cumplir, en el caso de paredes de carga, con las normas ASTM C 34 y ASTM C 90 última edición, y, en el caso de paredes de relleno, con las normas ASTM C 56 y ASTM C 129 última edición. Por otra parte, todos los bloques deben cumplir con la norma INTE 06-03-01-07, el muestreo y las pruebas de compresión de unidades de mampostería deben realizarse conforme a la norma INTE 06-02-13-07.

El número mínimo de especímenes necesarios para realizar las pruebas de absorción, de resistencia a la compresión, de peso unitario y contenido de humedad es el mayor del indicado en la norma INTE 06-02-13-07 y de 5 bloques por cada mil o fracción a utilizar en la obra.

En esta obra se deben utilizar unidades huecas de concreto fabricadas con los siguientes materiales:

- a) Cemento tipo I que cumpla con las especificaciones ASTM C 150, ASTM C 595 y ASTM C 109.
- b) Agregados de piedra triturada y arena que cumplan las especificaciones ASTM C 32.
- c) Cal hidratada que cumpla la especificación ASTM C 207.

La mezcla con que se fabriquen los bloques debe tener un peso unitario inferior a los 2000 kg/m³ y superior a los 1700 kg/m³. La absorción de agua de la mezcla de los bloques en condición de secado al horno no debe exceder 240 litros por cada metro cúbico de concreto. La resistencia a la tracción de la mezcla de los bloques no será menor de 10 kg/cm².

Los bloques que hubieren de quedar expuestos, deberán tener la superficie de exposición suficientemente pareja y libre de protuberancias o de cualquier otro defecto que en opinión de los Inspectores pudiera arruinar su apariencia.

Los bloques que hubieren de ser repellados, deberán tener su superficie lo suficientemente rugosa para proporcionar la adherencia suficiente para el repello.

Los bloques que el Contratista se proponga usar en la obra deberán haber sido fabricados por lo menos con 15 días antes de su incorporación a la obra.

El espesor mínimo de las paredes de las celdas de los bloques será de 19 mm para paredes de bloques de 100 mm y 120 mm, de 25 mm para paredes de bloques de 150 mm y 200 mm y de 35 mm para paredes de bloques mayores o iguales a 250 mm de espesor.

3.3 Mortero para pega de bloques

El mortero de pega consiste en una mezcla de cemento, agregados, agua y aditivos capaces de mantener la consistencia y de proveer adherencia entre los bloques. La humedad del mortero debe ser tal que permita la trabajabilidad; sin embargo no debe exceder los límites que se detallan adelante.

Todos los materiales a usar en el mortero serán de primera calidad y libres de impurezas de forma que se obtengan las propiedades mecánicas de un mortero tipo A del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2). Todos los morteros se usarán frescos dentro de los siguientes 20 minutos después de haber sido preparados.

El mortero debe prepararse en mezcladoras mecánicas aprobadas por los Inspectores. Después de cada pilada deben limpiarse las mezcladoras, los cajones de mezclado y las herramientas. Cuando los Inspectores lo aprueben, podrá prepararse el mortero a mano en una batea de madera.

Por ningún motivo se permitirá su preparación en el suelo, directamente en contacto con la tierra o sobre superficies terminadas de concreto.

Una vez mezclado, el mortero debe ser de color y de consistencia uniforme. No se permitirá volver a mezclar con agua el mortero que haya comenzado a endurecerse. Debe prepararse únicamente la cantidad que se pueda usar dentro del término de una hora.

No debe quedar mortero dentro de las celdas que se deben rellenar con el concreto de relleno. Ningún mortero que haya secado podrá ser mezclado nuevamente para utilizar en la obra.

El mortero debe consistir en una mezcla de cemento Pórtland tipo 1 según ASTM C 150 y cal o cemento de mampostería, agregados, agua y cal hidratada. La arena debe cumplir con las normas ASTM C 144, ASTM C 33 e INTE 06-01-02-09. La cal hidratada que cumpla la especificación ASTM C 207. Las proporciones por volumen para la fabricación del mortero deben ser las presentadas en la Cuadro 3.1. Se permite utilizar otras proporciones siempre

y cuando se garantice un adecuado comportamiento de la mampostería y se cumpla con la resistencia antes citada. Esas proporciones deberán ser previamente aprobadas por el Inspector debiendo quedar esto constatado en la bitácora.

Cuadro 3.1 Proporciones por volumen de materiales para la fabricación del mortero tipo A.

Combinación de materiales cementantes	Cemento	Cemento de mampostería	Cal hidratada	Arena en condición húmeda y suelta
Cemento-cal hidratada	1	0	¼	3
Cemento-cemento de mampostería	1	1	0	5

La relación agua-cemento será menor o igual a 0.45. La resistencia mínima a la compresión a los 28 días del mortero será 175 kg/cm² realizada en cubos de 50 mm según la norma ASTM C 109. El inspector podrá solicitar la obtención de muestras durante las batidas que considere necesario a razón máxima de una prueba por cada 6 metros lineales de pared.

3.4 Concreto de relleno

El concreto de relleno es simplemente un concreto de alto revenimiento, muy líquido, fabricado con agregado grueso de tamaño pequeño. El revenimiento del concreto de relleno debe ser de 200 mm a 250 mm. El tamaño máximo de este agregado grueso será 12 mm. La arena y la piedra deben cumplir con las normas ASTM C 33, C 476, INTE 06-01-02-09 y el cemento debe ser Pórtland tipo I (ASTM C150).

El concreto de relleno debe tener una resistencia mínima a la compresión a los 28 días de 175 kg/cm² de acuerdo con la norma ASTM C 1019 e INTE 06-02-1-07. Esta resistencia debe medirse en prismas moldeados con los mismos bloques cuyas dimensiones de 75 mm x 75 mm x 150 mm.

Las proporciones por volumen para la fabricación del concreto de relleno deben ser las presentadas en la Cuadro 3.2 a menos que se demuestre que las proporciones propuestas por el Contratista producen un adecuado comportamiento de la mampostería y se cumple con la resistencia antes citada. Estas proporciones deben quedar constatadas en la bitácora de obra del proyecto. El concreto de relleno debe ser fabricado a máquina.

Cuadro 3.2 Proporciones por volumen de materiales para la fabricación de concreto de relleno tipo A.

Cemento	Arena suelta	Piedra quintilla
1	2	2

El relleno de los bloques no debe incluir mortero y se localiza de media altura del bloque inferior a media altura del bloque superior.

El Inspector podrá solicitar las pruebas que considere necesarias a razón máxima de una prueba por cada 6 metros lineales de pared. Estas deben hacerse conforme a la norma INTE 06-02-19-07.

3.5 Resistencia a la compresión de la mampostería y control de resistencia

La resistencia a la compresión especificada de la mampostería, f'_m , se debe obtener con base en ensayos de prismas construidos con los mismos materiales y mano de obra que se utilizan en la construcción. Esos prismas deben ser ensayados según la norma INTE 06-02-18-07. El valor de f'_m a los 28 días debe ser superior a 100 kg/cm². Previo al inicio de los trabajos de colocación de paredes de mampostería, el Contratista debe realizar 5 especímenes de prismas construidos con los mismos materiales, proporciones y mano de obra a utilizar en la

construcción. Estos deben ensayarse con la norma INTE 06-02-18-07 para comprobar que se cumple con la resistencia a la compresión especificada de la mampostería, $f'_{m,}$ a los 28 días. Se permite que esta prueba se realice a los 7 días si se cuenta con una curva previa de la variación de la resistencia con la edad de primas para proyectar la resistencia a los 28 días.

En el transcurso de la obra se debe realizar una prueba de comprobación de f'_{m} por cada 465 m² de pared, pero no menos de una prueba por cada nivel. Cada prueba está compuesta por tres especímenes de prismas ensayados con la norma antes mencionada.

3.6 Acero de refuerzo

El acero de refuerzo debe cumplir con las mismas especificaciones dadas en el apartado de acero de refuerzo del concreto reforzado. Por otro lado, las muestras y pruebas de las varillas se deben realizar de la misma manera que lo especificado en la sección de acero de refuerzo del apartado de concreto.

Tanto el acero como el horizontal deben estar perfectamente alineados y amarrados de tal manera que la pega y chorrea no los muevan de su sitio.

Los empalmes de varilla #2 serán de 1 metro mínimo de longitud y los extremos de las varillas tendrán un gancho de 10 cm de longitud.

3.7 Almacenamiento

El almacenamiento de los agregados y del cemento debe ser el mismo del indicado en el apartado de concreto reforzado de estas especificaciones.

Los bloques deben ser almacenados bajo techo, sobre tarimas de madera y cubiertos con un plástico impermeable, lona u otro material similar. Las estibas de estas unidades deben estar sobre una superficie plana, "trabadas" en los dos sentidos horizontales y estas no deben tener una altura superior a 1.6 m, lo cual implica que no se puede apilar más de 8 unidades.

Los grupos de unidades deben ser de un mismo pedido. Para ello se debe rotular cada estiba o grupo de ellas con la fecha que fueron traídos a la obra. Los bloques no pueden ser lanzados en las actividades de carga y descarga. El manejo y almacenamiento debe ser tal que no que quiebren las piezas y no se produzcan despuntes. El inspector podrá ordenar el desecho de aquellas unidades que no se encuentren en óptimas condiciones a causa de quebraduras, despuntes, imperfecciones, irregularidades y por deficiencias en las dimensiones.

3.8 Colocación de bloques de concreto

Los bloques de concreto se colocarán secos, en línea recta y a plomo, cada uno de ellos sobre una base completa de mortero, de no menos de un centímetro de espesor.

Cuando se indiquen bloques rellenos de concreto deberá hacerse con concreto de 175 kg/cm² con un agregado de 12 mm de tamaño máximo.

El colocado se hará continuamente por hilada en cada paño, no más de dos hiladas cada vez, no se permitirá su colocado escalonado en todo el paño, ni se permitirá su colocado encima de medianeras o coronas recién chorreadas, ni en aquellas paredes que teniendo instalaciones electromecánicas indicadas en los planos, no las tenga 100% completas, aprobadas por el Inspector. No se permitirá romper paredes para incluir instalaciones, y es de interés del Contratista el velar porque se llene estos requisitos al levantar paredes.

El colocado del bloque debe ser uniforme, parejo y a plomo para permitir la aplicación de un repello de grueso constante. Las juntas de mortero de pega entre bloque no debe ser menor de 10 mm ni mayor de 15 mm. El bloque

se colocará con un traslape de $\frac{1}{2}$ bloque respecto a la hilada inferior, o sea en petatillo. Los bloques debe ser colocados en forma de “tesón y sogá”, por lo que se prohíbe la colocación en forma de “estiba”.

Se debe utilizar líneas de referencia tales como cuerdas para asegurar que los paños forman los planos verticales indicados en los planos. Las paredes deben ser verticales y no se permitirá desplomes superiores a la altura del paño entre 500.

El mortero de pega horizontal que se acumule en la celda que deba ser rellena con concreto, debe ser removido antes de que endurezca para que permita el paso del concreto de relleno.

Cuando en planos constructivos se indiquen bloques rellenos con concreto, este deberá colarse en capas de 200 mm de manera tal que la junta entre dos coladas sucesivas se ubique a la mitad de la altura del bloque, nunca en la junta de los bloques. El concreto de relleno de las celdas se colocará cada tres hiladas como máximo. Este concreto debe ser compactado a mano con una varilla #3. La chorrea deberá iniciarse por lo menos 3 días después de colocados los bloques.

3.9 Repellos

Las paredes que se construyan deberán tener un repello de 10 mm de espesor utilizando cal (repello bastardo). La dosificación a utilizar será $\frac{1}{4}$: 1: 3 (cal: cemento: arena) por volumen. El cemento para la mezcla debe estar limpio, sin contaminación, de sacos que no hayan sido abiertos por más de dos horas, sin grumos y deterioro por humedad. La arena debe ser limpia, libre de impurezas, materia orgánica y limos. Los paños de mampostería deben ser humedecidos con un aspersor que genere una película de agua y no sature la pared.

Para evitar el agrietamiento de los repellos se permite adicionar refuerzo de fibras metálicas o plásticas o colocar mallas metálicas adheridas a los bloques de mampostería. A los repellos se les deberá dar el debido curado para evitar que se presenten agrietamiento en el mismo por un periodo mínimo de 8 días. Aquellas paredes expuestas al sol y al viento deben ser cubiertas con plástico una vez repelladas. En el caso de las paredes internas se debe colocar el repello hasta que las paredes se encuentren a la sombra (luego de colocar el entrepiso del nivel superior o colocado el techo).

3.10 Curado

Es necesario realizar el curado del mortero de pega para lograr desarrollar la resistencia especificada. El curado debe realizarse de manera que los bloques no se vayan a humedecer para evitar problemas con la contracción de estos últimos por secado. El curado del mortero de pega debe realizarse con una brocha empapada con agua de manera que se mantengan húmedas por un periodo mínimo de 8 días.

4 Acero estructural

4.1 Generalidades

Antes de proceder a iniciar el trabajo de la estructura de acero, el Contratista debe familiarizarse con los planos y con todas las labores que tengan relación con su trabajo. Deberá cooperar durante las etapas de colado de concreto, suministrando y colocando todos los anclajes y elementos metálicos de soporte que sean necesarios para la estructura de acero.

Todas las medidas que se dan en los planos deben ser verificadas en sitio antes de la fabricación de la estructura de acero.

La estructura será hecha de una manera nítida, y de acuerdo con todas las especificaciones vigentes, incluyéndose las disposiciones del capítulo 10 del Código Sísmico de Costa Rica 2010 (2). Todo trabajo y material menor pero necesario para que el sistema quede instalado completa y correctamente deberá ser previsto y suministrado por el Contratista, aunque este no se indique en planos constructivos.

El Contratista acepta que el alcance del trabajo, las especificaciones y los planos son adecuados y que los resultados que se desean podrán ser obtenidos por la interpretación correcta que de los mismos se haga. Ningún aumento o costo extra será aceptado por supuestas dificultades para obtener los resultados deseados debido a la interpretación que se haga de los planos y/o de las especificaciones, excepto cuando tal salvedad fuere consignada al presentar la oferta original.

El Contratista será el único responsable de reparar o sustituir cualquier elemento que resulte dañado debido a la erección, manejo, construcción, o cualquier otro evento relacionado con el proceso constructivo de la estructura metálica. Esto incluye acabados de pisos, paredes, cielos y elementos estructurales.

Lo especificado en esta sección se aplica también a todos aquellos elementos misceláneos de acero tales como rejillas, barandales, escalerillas, rejas, otro, siempre que no contravenga lo solicitado en otras secciones de estas especificaciones.

4.2 Calidad de los materiales

Todo el acero a utilizar será nuevo y estará libre de defectos de fabricación, transporte o manipulación.

La calidad del acero a utilizar según el tipo de elemento estructural considerado será la siguiente:

- (a) Las columnas circulares deberán ser secciones de molino tipo HSS, fabricadas con acero que cumpla con la norma ASTM Grado B con límite de fluencia $f_y=3220 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo.
- (b) Las vigas de entrepiso y elementos de las cerchas de entrepiso y cerchas curvas de techo se fabricarán a partir de secciones de molino fabricadas con acero que cumpla con la norma ASTM A 992 Grado 50 con límite de fluencia $f_y=3515 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo.
- (c) Todas las piezas correspondiente a las placas de apoyo, así como todas las piezas indicadas en los planos que sean de acero estructural laminado en caliente, deberán cumplir con la última versión de las especificaciones ASTM A 36 con límite de fluencia $f_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ o ASTM A 529 con límite de fluencia

$f_y=3515 \text{ kg/cm}^2$. La utilización de los tipos de acero mencionados arriba se basa en lo dispuesto en los planos.

- (d) Las piezas correspondientes a columnas, vigas, arriostres y cerchas de techo que sean de acero estructural laminado en frío, deberán cumplir con las especificaciones JIS-G3132 SPHT-2 con límite de fluencia $f_y=2310 \text{ kg/cm}^2$.
- (e) Donde se usen pernos para la fijación de placas estos serán de acero de alta resistencia con punto de fluencia $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo. Todas las roscas de pernos o tensoras deberán ser hechas en taller y en torno con equipo especial, no se permite su fabricación en sitio.

4.3 Fabricación

La estructura de acero será realizada de acuerdo con los planos correspondientes, con estas especificaciones y con la mejor práctica moderna, acatándose siempre, excepto donde se indique lo contrario, las disposiciones del American Institute of Steel Construction (Specifications for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel for Buildings; Code of Standard Practice, última revisión) y las especificaciones del American Iron and Steel Institute (AISI, última revisión), que quedan formando parte de estas especificaciones.

Los planos estructurales indican la localización de las pletinas y secciones de pletinas, detalles de las secciones requeridas y otros, según la práctica usual para este tipo de estructuras.

Estos planos deben ser complementados por otros planos de taller, según se requieran para la fabricación, que deben ser hechos por el Contratista, el cual suministrará copias a los Inspectores para su aprobación.

La aprobación que se dé a las secciones y materiales que proponga el Contratista significa únicamente que cumplen o mejoran las condiciones solicitadas y que los Inspectores aceptan su fabricación y erección siempre que dichos materiales sean los mismos aprobados. Tal aprobación en ningún caso releva al Contratista de su responsabilidad, ni de suministrar todas las piezas o uniones indicadas o no, pero que a juicio de los Inspectores sean necesarias para obtener una estructura, eficiente, correcta y segura.

El Contratista deberá preparar y someter a la aprobación de los Inspectores, un programa general de erección que permita coordinar la labor de otros Contratistas y calificar el avance real de su trabajo.

La estructura de acero será fabricada en un taller que cuente con el equipo, facilidades y mano de obra adecuadas para producir eficientemente el tipo de estructura deseada, de acuerdo con los planos, estas especificaciones y la mejor práctica usual.

Todas las piezas deberán alinearse, de acuerdo a las tolerancias permitidas en la especificación ASTM A 6, antes de su colocación o fabricación. Solamente se permitirán cortes con acetileno hechos a máquina. Los agujeros para conexiones con pernos serán ponchados o taladrados en su posición exacta y de un diámetro de 1.6 mm mayor que el diámetro nominal del perno especificado.

La estructura será colocada en su posición final y será alineada, nivelada y aplomada dentro de una tolerancia de 1/500 para cada uno de sus miembros. El Contratista deberá colocar todos los elementos de arriostreamiento y soporte temporal que se requieran para o durante el período de erección de la estructura.

La erección deberá efectuarse con el equipo, herramientas y procedimientos adecuados, sin causar daño en los componentes de la estructura ni en las edificaciones existentes.

4.4 Soldadura

Todo el trabajo de soldadura (de taller y de campo) debe ser realizado por operarios calificados y experimentados para este tipo de labor. Los operarios podrán ser calificados con las pruebas que recomienda la American Welding Society. Por ello el Contratista debe someter a aprobación del Inspector las certificaciones o registro de calificación de los soldadores involucrados .

Las máquinas soldadoras tendrán la capacidad adecuada de acuerdo a los espesores y tipo de acero a soldar.

Todas las superficies a soldar estarán libres de escama suelta, herrumbre, grasa, pintura u otras materias extrañas. Las superficies estarán libres de estrías o desgarres. Todas las superficies a soldar se limpiarán adecuadamente con cepillos de cerdas de acero u otro método similar aprobado por los Inspectores.

Antes de ser soldados, se debe aplicar a las piezas el anticorrosivo. Los miembros terminados tendrán verdadera alineación y estarán libres de torceduras, dobleces y juntas abiertas.

Cuando los planos no indiquen otra cosa, las piezas de las estructuras serán unidas mediante soldadura y la longitud soldada será la necesaria para suplir el 50% de la carga máxima que teóricamente puede soportar la pieza en tracción.

Todos los perímetros deben ser soldados excepto donde los planos indiquen otro detalle.

4.4.1 Técnica y calidad de la Soldadura:

La técnica de soldadura empleada, la apariencia y calidad de los filetes y los métodos para corregir trabajo defectuoso serán de acuerdo con el Código para Soldadura de Acero en Construcción de Edificios, de la American Welding Society.

Los electrodos serán de calidad E-70 o E-60 adecuados para el proceso y posición de las soldaduras a efectuar, según se indique en planos constructivos. En el caso del sistema sismorresistente es necesario que el material de aporte en soldaduras cumpla con la siguiente tabla.

Tabla 4.1. Propiedades mecánicas mínimas para el material de aporte en soldaduras del sistema sismorresistente.

Propiedades	Material de aporte Grado 70 (4900 kg/cm ²)
Esfuerzo de cedencia, F_y (kg/cm ²)	4060 mínimo
Esfuerzo de último, F_u (kg/cm ²)	4900 mínimo
Elongación (%)	22 mínimo
Tenacidad de Charpy CVN	552 kg-cm mínimo a -18°C

Para ello es necesario que el contratista presente al inspector para su aprobación los certificados de conformidad del proveedor de los electrodos o los informes de laboratorio de resultados de los ensayos realizados.

4.4.2 Tamaños de los Filetes:

La localización y tamaño de los filetes serán los mostrados en los planos.

Cuando los planos no indiquen otra cosa, las soldaduras serán de filete, y su tamaño y longitud deberán ser consultados al Inspector, no obstante, dichas soldaduras deberán cumplir al menos con los siguientes requisitos:

- (a) Para piezas de acero laminado en caliente, el tamaño de la soldadura nunca deberá exceder el espesor de la placa más delgada a soldar, siempre y cuando el espesor mínimo de las placas involucradas sea de 6.4 mm o menor. Si alguna de las dos placas tiene un espesor mayor que 6.4 mm el tamaño máximo de la soldadura será el espesor de la placa menos 1.6 mm.
- (b) La longitud mínima de las costuras no deberá ser inferior a 4 veces el tamaño nominal del filete y las soldaduras intermitentes deberán garantizar que al menos el 20% de la longitud de contacto se encuentra soldada, o bien que la soldadura puede tomar al menos el 50% de la carga máxima que teóricamente puede soportar la pieza en tracción.

4.5 Conexiones no soldadas

Donde se usen pernos para fijación de placas estos serán de acero de alta resistencia, $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ como mínimo. El contratista debe someter a aprobación del inspector los certificados de calidad de los pernos a utilizar.

Todas las roscas de pernos o tensores deberán ser hechas en taller y en torno con equipo especial, no se permite su fabricación en sitio.

4.6 Pruebas de carga

El Inspector podrá ordenar pruebas de carga de las estructuras, y el constructor deberá realizarlas, corriendo con los gastos respectivos por su cuenta cuando el trabajo de fabricación no se haya ejecutado, de acuerdo a cualquiera de las normas aquí estipuladas.

4.7 Pintura en elementos estructurales

4.7.1 Generalidades:

Todas las superficies a pintar deberán estar limpias, libres de grasa, tierra, herrumbre, escamas o pintura anticorrosiva suelta.

A todo trabajo de metal que haya recibido ya una aplicación preliminar y se haya herrumbado, se le dará una aplicación adicional de anticorrosivo de primera calidad o inhibidor de herrumbre.

4.7.2 Pintura de taller:

Todo acero estructural vendrá con una aplicación de primario inhibidor de herrumbre, minio preparado color amarillo, aplicada en taller. La aplicación debe ser pareja, sobre superficies secas, previamente limpiadas con cepillos de cerdas de acero u otros métodos, a elección del fabricante y hasta obtener superficies libres de escamas sueltas, herrumbre, grasa, escorias, polvo y otras materias extrañas. El primario se aplicará también sobre aquellas superficies de acero que serán inaccesibles después de la fabricación, ensamble o erección de la estructura (superficies que quedarán en contacto entre sí).

4.7.3 Pintura en obra:

Una vez concluida la erección del refuerzo de elementos metálicos, el Contratista deberá retocar todas las soldaduras y ralladuras que tenga el acero, usando una aplicación del mismo primario especificado para pintura de taller, pero en color verde.

Concluidos estos retoques, todas las superficies de acero se pintarán con una mano de pintura anticorrosiva a base de minio rojo, y con dos aplicaciones de pintura anticorrosiva, línea 9000 de Glidden o cualquier anticorrosivo de superior calidad, compatible con el primario empleado.

Se usarán diferentes colores en cada aplicación de pintura y, antes de proceder a aplicar una segunda base de anticorrosivo, se deberá contar con la aprobación de los Inspectores de la base anterior.

5 Cimentaciones

5.1 Condiciones generales

Los trabajos de cimentaciones corresponden al inicio de la obra y por lo tanto incluyen el trazado, la excavación y relleno, la fabricación de placas y de pedestales. Para las excavaciones de los cimientos deben seguirse las dimensiones presentadas en los planos.

Se debe consultar con el ingeniero inspector cualquier diferencia entre los planos y lo encontrado en las excavaciones, y será este último el que de la solución definitiva con la cual el contratista debe proceder. El contratista debe seguir todos los lineamientos expuestos en el punto de limpieza del terreno de estas especificaciones.

Las excavaciones se harán con equipo apropiado y el acabado de las mismas se hará con el personal calificado. Los ademes deberán colocarse donde así lo indiquen las condiciones del suelo. Para ellos se recomienda contar con inspecciones del profesional que realizó el informe del estudio de suelos.

El Inspector puede indicar al Contratista la ubicación de los ademes y el contratista está la obligación de instalarlos. Esto sin embargo no libera al Contratista de la responsabilidad en lo referente a seguridad del personal y de la obra.

5.2 Excavación estructural y relleno de zanjas

El Contratista debe realizar la excavación requerida para la construcción de la losa de fundación. Debe transportar y disponer el material excedente de las excavaciones en sitio apropiado fuera de la propiedad, cuya selección es responsabilidad del Contratista.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para proteger los cortes de excavación y evitar daños a la propiedad, y al edificio e instalaciones existentes, construyendo ademes y protecciones adecuadas. Asimismo, asume la responsabilidad sobre los daños que sucedan durante la excavación y la construcción de las obras de cimentación.

Deberá realizar la excavación de las fundaciones hasta el nivel indicado en los planos; sin embargo, el Inspector podrá ordenar profundizar más si las condiciones del suelo encontradas en un sitio son desfavorables o si los resultados del estudio de suelos de comprobación así lo recomiendan.

Antes de proceder a la construcción de las losas de fundación, el Contratista debe obtener la aprobación del Inspector, quien determinará el nivel de desplante definitivo. La aprobación debe constar en el Cuaderno de Bitácora de Obra. Procederá a continuación realizar una sustitución de lastre compactado con cal en una proporción de un saco por cada metro cúbico de lastre. La colocación de esta sustitución y pruebas de compactación debe realizarse conforme se indica en la sección 1.3 de estas especificaciones. Luego se debe colocar una capa de mortero o sello de fundación de aproximadamente 50 mm de espesor, para proteger el suelo en que se cimentará la obra de los efectos de la intemperie, sol y lluvia y para lograr una superficie de trabajo exenta de lodo y agua.

En caso de encontrarse condiciones de suelo que difieran de los resultados del estudio de suelo o de las

consideradas en el diseño, podrá el Inspector hacer cambios en el nivel de desplante y profundizar más la excavación para las fundaciones. Para ello el Contratista debe solicitar un estudio de suelos con al menos 8 pruebas de veleta uniformemente distribuidas en planta al nivel inferior de la sustitución.

El costo adicional, debido a una mayor profundidad de cimentación, lo reconocerá el Propietario de acuerdo a los precios unitarios suministrados en la oferta por el Contratista o con base en un presupuesto detallado revisado y aprobado por el Inspector.

El Contratista debe tomar las precauciones necesarias para evacuar el agua freática y de lluvia de las zonas de excavación y debe mantener éstas secas y en condiciones óptimas de limpieza, para permitir una correcta colocación del refuerzo de acero y el colado de concreto.

Una vez concluida la construcción de las placas, las vigas de fundación de los muros estructurales, debe el Contratista rellenar nuevamente las zonas excavadas y zanjas con material selecto, compactado con equipo mecánico en capas de espesor no mayor de 150 mm, para alcanzar un grado de compactación del 98% del Proctor Modificado en cada capa.

5.3 Materiales

Las cimentaciones serán construidas con concreto reforzado y los materiales deben cumplir con las especificaciones dadas en el capítulo correspondiente a concreto reforzado de estas especificaciones.

5.4 Losa de fundación

La losa de fundación debe ser colocada sobre una sustitución de al menos 300 mm de espesor, la cual debe ser ubicada sobre el material virgen cortado en el movimiento de tierras. Se colocará un sello de mortero o de concreto (sello de fundación) de 50 mm de espesor. Se debe mantener un recubrimiento mínimo de 70 mm en el fondo y en el nivel superior de las losas.

Las juntas de construcción de la losa de fundación deben ser propuestas por el Contratista y sometidas a aprobación del inspector.

5.5 Placas de fundación

Las placas de fundación deben ser colocadas sobre una sustitución de al menos 300 mm de espesor, la cual debe ser ubicada sobre el material virgen cortado en el movimiento de tierras. Se colocará un sello de mortero o de concreto (sello de fundación) de 50 mm de espesor. Se debe mantener un recubrimiento mínimo de 70 mm en el fondo y en el nivel superior de las placas.

Las juntas de construcción de las placas de fundación deben ser propuestas por el Contratista y sometidas a aprobación del inspector.

5.6 Vigas de fundación

La construcción de las vigas de fundación se regirá por las especificaciones dadas para las vigas normales de entrepiso.

No se admitirán interrupciones durante la chorroa, es decir el concreto de las vigas debe ser monolítico continuo entre columnas y muros.

El fondo de la viga de fundación irá protegido con el sello de fundación o mortero especificado para cimentaciones.

Los empalmes del refuerzo de la viga de amarre se admitirán únicamente en la mitad central, pero no se acepta traslapar más del 50% del refuerzo en una misma sección.

6 Bibliografía

1. **American Concrete Institute.** *Requisitos de Reglamento para Concreto Estructural y Comentario (ACI 318S-11)*. San Jose : ACI, 2011.
2. **Comisión Permanente de Estudio y Revisión del Código Sísmico de Costa Rica.** *Código Sísmico de Costa Rica 2010*. Cartago : Tecnológica de Costa Rica, 2011.
3. **American Institute of Steel Construction.** *Specification for Structural Steel Buildings ANSI/AISC 360-05*. Illinois : American Institute of Steel Construction, 2005.