

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE PROYECTO DE GRADUACIÓN

Proyecto de Graduación defendido públicamente ante el Tribunal Evaluador, integrado por los profesores Ing. Gustavo Rojas Moya, Ing. Adrián Chaverri Coto, Ing. Giannina Ortiz Quesada, Ing. Milton Sandoval Quirós, como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería en Construcción, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

GUSTAVO
ADOLFO
ROJAS
MOYA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por GUSTAVO ADOLFO ROJAS MOYA (FIRMA)
Fecha: 2020.09.16 09:38:45 -06'00'

Ing. Gustavo Rojas Moya.
Director

ADRIAN
CHAVERRI
COTO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por ADRIAN CHAVERRI COTO (FIRMA)
Fecha: 2020.09.16 07:41:14 -06'00'

Ing. Adrián Chaverri Coto.
Profesor Guía

GIANNINA
ORTIZ QUESADA
(FIRMA)

Firmado digitalmente por GIANNINA ORTIZ QUESADA (FIRMA)
Fecha: 2020.09.16 09:02:30 -06'00'

Ing. Giannina Ortiz Quesada.
Profesora Lectora

MILTON
ANTONIO
SANDOVAL
QUIROS (FIRMA)

Firmado digitalmente por MILTON ANTONIO SANDOVAL QUIROS (FIRMA)
Fecha: 2020.09.17 16:22:00 -06'00'

Ing. Milton Sandoval Quirós.
Profesor Observador

Guía de criterios de aceptación para la recepción de proyectos constructivos de la empresa Bilco Costa Rica S. A.



Abstract

The Acceptance Criteria Guide for the reception of construction projects was created due to the fact that Bilco Costa Rica has identified a gap in its construction contracts and that the scope of the works and the client's expectations are not always aligned, causing disputes to when submitting the project due to lack of definition regarding acceptance criteria.

This directed practice aims to develop a guide for the acceptance of constructive projects that provides clear and objective criteria in a way that facilitates the project delivery process and that serves to improve assertive communication with the client.

Specifically, a diagnosis was made of the key projects already delivered by Bilco, in order to be able to identify those critical activities that have had disputes during the project delivery process and that have generated problems in terms of costs and delivery times.

Once these critical activities were identified (concrete walls, columns, and slabs, mezzanines, structural steel, finishes, and exposed concrete), construction tolerances supported by existing literature were determined.

Between the identified bibliography and the evidence of common problems among the projects of Bilco Costa Rica S. A., the need to implement new administrative practices that reinforce the technical aspects of the contracts was evidenced.

Keywords: Construction tolerances, Contract, Disputes, Technical Specifications

Resumen

La *Guía de criterios de aceptación para la recepción de proyectos constructivos* nace debido a que Bilco Costa Rica ha identificado un vacío dentro de sus contratos de construcción, porque el alcance de las obras y las expectativas del cliente no están siempre alineadas; lo anterior ocasiona disputas a la hora de entregar el proyecto por falta de definición en cuanto a criterios de aceptación.

La presente práctica dirigida pretende elaborar una guía para la aceptación de proyectos constructivos que brinde criterios claros y objetivos, de manera tal que facilite el proceso de entrega del proyecto y que sirva para mejorar la comunicación asertiva con el cliente.

Específicamente, se realizó un diagnóstico de los proyectos claves ya entregados por Bilco, con el fin de identificar aquellas actividades críticas que han tenido disputas durante el proceso de entrega del proyecto y que han generado problemáticas a nivel de costos y tiempos de entrega.

Una vez identificadas estas actividades críticas (muros, columnas y losas de concreto, entresijos, acero estructural, acabados y concreto expuesto), se determinaron tolerancias de construcción respaldadas en la bibliografía existente.

Entre la bibliografía identificada y la evidencia de problemas en común en los proyectos de Bilco Costa Rica S. A. queda demostrada la necesidad de implementar nuevas prácticas administrativas que refuercen los aspectos técnicos de los contratos.

Palabras claves: Tolerancias de construcción, contrato, Bilco, especificaciones técnicas, aceptación.

Guía de criterios de aceptación para la recepción de proyectos constructivos de la empresa Bilco Costa Rica S. A.

ING. JAVIER VEGA HERRERA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Julio 2020

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	1
Resumen ejecutivo	3
Introducción	7
Marco teórico	11
Metodología.....	16
ELABORACIÓN DE DIAGNÓSTICO PARA PROYECTOS CLAVES.....	17
DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS ACTIVIDADES CRÍTICAS.....	18
CATÁLOGO TÉCNICO DE TOLERANCIAS CONSTRUCTIVAS	19
PROCEDIMIENTO ADMINISTRATIVO PARA BILCO COSTA RICA.....	19
Resultados	20
DIAGNÓSTICO Y TABLA TOLERANCIAS.....	20
DISEÑO DEL PROCESO ADMINISTRATIVO.....	29
Análisis de los resultados.....	31
Conclusiones y recomendaciones...	33
CONCLUSIONES.....	33
RECOMENDACIONES.....	34
LIMITACIONES	34
Apéndices.....	35
Anexos.....	36
Referencias	37

Prefacio

Bilco Costa Rica es una empresa nacional con amplia experiencia en el ámbito de la construcción, especializada en edificaciones y remodelaciones.

A lo largo de su primera década de operación, las gerencias han identificado un vacío dentro de sus contratos constructivos; ya que el alcance de los proyectos y las expectativas de los clientes no quedan claras o plasmadas en los planos constructivos, lo cual genera reprocesos, sobrecostos y discusiones que retrasan la entrega de los proyectos.

Se identificó que las especificaciones de los planos constructivos suelen ser poco claras y esto se ha prestado para confusiones a nivel de la dirección técnica e inspección. Por lo que se considera necesario tipificar las metodologías de construcción dentro del contrato y que esto quede debidamente respaldado en normas, manuales o códigos oficiales como referencia bibliográfica.

Las disputas entre los involucrados de los proyectos de construcción son usuales y normalmente el contrato es el elemento que aclara el alcance de la obra correctamente; sin embargo, Bilco Costa Rica prefiere complacer al cliente antes que iniciar una disputa, esto origina un costo en la obra que no fue presupuestado.

Evitar estas disputas en los proyectos es importante para mantener una relación de confianza con el cliente, por lo cual se tiende a eludir la solicitud de presupuesto adicional o la ampliación de plazo de entrega. La forma de lograr este objetivo es presentarle al cliente una propuesta técnica con un alcance bien definido y para esto es importante el concepto de tolerancia de construcción.

El conocimiento de las tolerancias de construcción es un punto que destaca la necesidad de los constructores de pasar de un rol de ejecución a uno de asesor experto, ya que tiene un gran reto por delante, que es el poder anticipar mediante el uso correcto de dichas tolerancias constructivas.

Bilco Costa Rica tiene claro que conocer a detalle todas las normativas relacionadas con tolerancias de construcción es una tarea bastante difícil de lograr, por lo que plantea investigar solo aquellas actividades que considera críticas.

Llámesese actividad crítica a aquel entregable que ya ha generado disputas en otros proyectos, y que por su nivel de importancia en la obra es necesario que cuente con un respaldo técnico en el contrato para que sirva como criterio de aceptación.

Bilco Costa Rica considera que le es indispensable que todos sus colaboradores técnicos conozcan sobre las tolerancias de construcción y cuál es la bibliografía que las respalda; esto con el fin de garantizar la calidad de sus obras.

Analizar y conocer estas tolerancias constructivas le permitiría a la empresa establecer de mejor forma el costo de las actividades, optimizar sus procesos de calidad y fortalecer la comunicación con los inspectores en el momento de entregar la obra.

La empresa desea mejorar su sistema de gestión con esta guía técnica para la aceptación de proyectos constructivos. Bilco quiere un documento hecho especialmente para su empresa, que se ajuste al trato y la relación con el cliente por la cual se identifican.

Finalmente, me gustaría agradecerle al Ing. Adrián Chaverri Coto por sus indicaciones y

sugerencias que contribuyeron sustancialmente a la calidad de este proyecto, así como al Ing. José Pablo de Mezerville Masís y a la empresa Bilco Costa Rica S. A. por el apoyo y la ayuda brindada. Por último, pero no menos importante, a mi querida esposa la Ing. Marta Monge Montero, por su apoyo incondicional.

Resumen ejecutivo

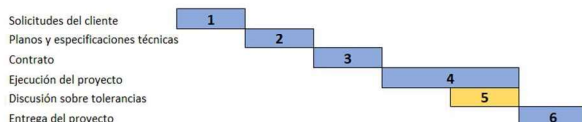
Para Bilco Costa Rica, es de suma importancia definir tolerancias de construcción dentro de sus contratos. En la empresa, consideran esta iniciativa como una oportunidad de mejora para reducir las disputas con los clientes y diseñadores, ajustar los costos a lo especificado en planos y gestionar apropiadamente las expectativas de los involucrados.

La empresa manifiesta que a lo largo de su operación ha tenido problemas en logística, así como impactos económicos en los proyectos debido a la ausencia de este tipo de herramienta.

En la Figura 1, puede verse cómo Bilco desarrolla tradicionalmente sus proyectos y en qué consiste la propuesta de mejora, se incorpora el anexo de tolerancias al contrato.

Fases de un proyecto de Bilco Costa Rica

Escenario 1: Secuencia tradicional



Escenario 2: Propuesta de mejora

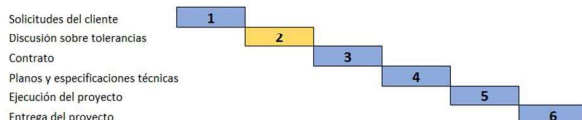


Figura 1. Diagrama secuencia de fases de un proyecto según Bilco Costa Rica y propuesta de mejora

Bajo el escenario 1, la discusión sobre tolerancias de construcción aparece al final de la obra, durante el proceso de entrega al cliente, generalmente cuando los inspectores deciden no recibir las obras porque existen discrepancias entre el nivel de precisión logrado y lo que el cliente o ellos mismos están esperando.

El escenario 2 muestra la propuesta de mejora donde la empresa traslada la discusión

sobre nivel de acabado y precisión de las obras antes de que inicie la ejecución del proyecto.

El escenario 2 implicaría que Bilco, luego de escuchar las solicitudes del cliente, entienda correctamente el alcance de la obra y ponga sobre la mesa de negociación las tolerancias de construcción con el fin de incluirlas dentro del contrato y así evitar las discusiones durante la entrega de la obra.

La empresa identificó una serie de proyectos claves que le interesa sean evaluados para la elaboración de esta guía. Se preparó un diagnóstico para cada uno de ellos, con el fin de identificar las actividades críticas y generar una descripción única para correlacionar los proyectos. En el Cuadro 1, se presentan los detalles.

Cuadro 1: Información básica proyectos claves a evaluar

Proyecto	Ubicación	Ingeniero a cargo
Torre Universal	San José	Ing. Arturo Monge
Torre B Escazú Village	Escazú	Ing. Fabricio Coronado
Residencial Solaris - Torre Fuego	Santa Ana	Ing. Adrián Vázquez
Centro Corporativo C3	Heredia	Ing. Neferty Acón
Torre AE104 – Avenida Escazú	Escazú	Ing. Gabriel Madrigal

A continuación, se presentan imágenes de los proyectos claves que se evaluaron durante las entrevistas y visitas a campo.

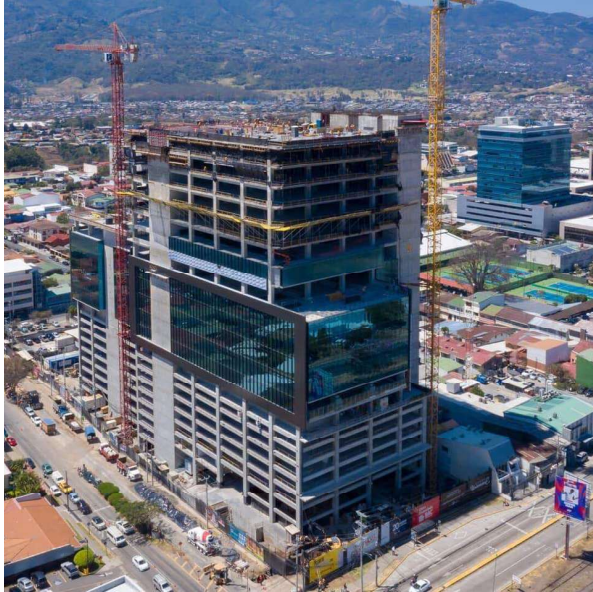


Figura 2. Proyecto Torre Universal, San José



Figura 3. Proyecto Escazú Village, Torre B, Escazú



Figura 4. Proyecto Solaris, Torre Fuego, Santa Ana.



Figura 5. Proyecto Centro Corporativo C3, Heredia



Figura 6. Avenida Escazú, Torre Medica AE104, Escazú (imagen ilustrativa del complejo)

El diagnóstico consistió en la visita a campo de los diferentes proyectos y sesiones de entrevista a los ingenieros responsables de las obras. Se entrevistó a dos directores de la compañía para abarcar un alcance más integral según la visión de cada puesto dentro de la

organización,¹ el detalle de los involucrados se presenta en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Distribución de proyectos por director entrevistado	
Director	Proyectos a cargo
Ing. José Pablo de Mezerville	• Torre Universal • Solaris • Escazú Village
Ing. Luis Barrantes	• Torre Médica AE 104 • Centro Corporativo C3

El diagnóstico se basó en una entrevista que recopila la experiencia obtenida en proyectos anteriores de los ingenieros gerentes de proyecto, así como expectativas de los proyectos que actualmente gerencian con miras a la entrega.

Durante las sesiones, se realizó la aplicación de un cuestionario único para todos los gerentes y directores, complementado con sesiones virtuales para conversar sobre temas de interés que surgen como producto de las respuestas del cuestionario.

Luego de las sesiones, se procedió a realizar una evaluación y análisis de resultados obtenidos, con el fin de evaluar y unificar aquellas actividades que resultaron como críticas en la mayoría de los proyectos o que por su complejidad y magnitud dentro de las obras podría prestarse como una discrepancia en un futuro.

Una vez obtenida la lista unificada de actividades críticas, se sometió a aprobación por parte del Ing. José Pablo de Mezerville con el fin de verificar el cumplimiento de las expectativas

solicitadas por Bilco Costa Rica en los objetivos del proyecto.

Posterior a dicha aprobación, se investigó la bibliografía correspondiente a cada actividad, para establecer tolerancias constructivas con su adecuado respaldo bibliográfico y que puedan utilizarse en el nuevo contrato.

Se tomaron como principales referencias bibliográficas aquellas normas o documentos de origen estadounidense, ya que son de uso típico en Costa Rica; sin embargo, durante la investigación, se logró evidenciar que a nivel internacional existen mucha más bibliografía de otros países que aporta a la aplicación buscada. Ejemplo de esto son los manuales de tolerancias que se aplican en Chile y las normas técnicas alemanas.

Es importante indicar que durante el proceso de búsqueda se logró ubicar un documento similar al planteado, aplicable a proyectos de construcción a nivel nacional.

Luego de ubicadas y estudiadas las referencias bibliográficas, se procedió a la depuración y creación de un catálogo técnico de tolerancias constructivas y criterios de aceptación, en el cual se indica una tolerancia de construcción para aquellas actividades consideradas como críticas según los resultados obtenidos durante las entrevistas y el análisis posterior.

Con base en el catálogo técnico elaborado, se propuso un procedimiento interno para que los gerentes de proyecto puedan utilizar la herramienta en los procesos de planificación y presupuesto de proyectos futuros, y que sea incluida como anexo dentro de los contratos.

El catálogo obtenido generó una serie de tablas concisas y de fácil entendimiento para las actividades críticas identificadas, como lo son: elementos de concreto (vigas, columnas, entresijos prefabricados, entresijos postensados), pisos, contrapisos, acabados, ventanería y concreto expuesto.

¹Ver Anexo 1, esquema de organización interna de Bilco Costa Rica con identificación de proyectos a evaluar dentro del estudio.

Todas estas actividades fueron líneas en común que los gerentes indicaron como actividades donde un desacuerdo entre partes ha causado gastos y sobretiempos que se habrían evitado con la inclusión del apartado de tolerancias durante la negociación.

Estas tablas que se generaron establecen para cada elemento o actividad crítica identificada la tolerancia obtenida de alguna referencia técnica, esta se indica en la misma línea.

Es importante aclarar que no solo se tomaron las tolerancias de los documentos encontrados, sino que se revisó con los ingenieros la factibilidad y lógica que tenía dicha tolerancia según la realidad nacional en cuanto a prácticas constructivas.

Además de las tablas, dentro del procedimiento, se identificó y establecieron grados de responsabilidad para los involucrados durante todas las etapas del proyecto y en especial a cuáles niveles debería de consultarse el insumo técnico generado.

Esta propuesta de manejo de tolerancias de construcción en los contratos sugiere a Bilco Costa Rica un gran reto, debe convertirse en un asesor experto en construcción más allá de ser siempre un contratista general. Estudiar el tema de especificaciones y tolerancias e incorporarlas a los nuevos contratos es una tarea que conlleva gran esfuerzo y dedicación, así como un cambio en la metodología de trabajo actual de la empresa.

Se evidenció la necesidad de que para la definición de las tolerancias dentro de los contratos haya detrás un análisis detallado del alcance por parte de profesionales con conocimiento real de las prácticas constructivas, ya que el alcance de estas normas identificadas es sumamente amplio y puede prestarse para confusión si la persona que evalúa el alcance no tiene conocimiento suficiente del tema.

Como resultado importante, salió a relucir una actividad que ha sido centro de muchas disputas entre las partes, debido a la práctica y la definición de una tolerancia de construcción; esta corresponde a las estructuras de concreto expuesto, es decir, sin repello ni pintura.

Internacionalmente, hay normas que tratan este tema, en Estados Unidos y Alemania, por ejemplo, puesto que a nivel mundial el concreto expuesto está ganando terreno como acabado arquitectónico de lujo.

A nivel nacional, no se logró identificar manuales de buenas prácticas con respecto a este tipo de elementos a pesar de ser una práctica muy usada y expuesta a evaluaciones subjetivas a la hora de su aceptación.

En general, se concluye que, con respecto a las demás actividades críticas identificadas, relacionadas propiamente con la obra gris del proyecto, son de aplicación común en el mercado, por lo que no deberían de convertirse en un obstáculo para el cliente ni para Bilco a la hora de firmar el contrato. El apartado de acabados suele ser más subjetivo y donde el cliente, por lo general solicita más detalles, los cuales deben revisarse objetivamente.

Introducción

El presente documento solventa la necesidad que Bilco Costa Rica ha identificado debido a un vacío de conocimiento de sus profesionales con respecto a las tolerancias constructivas para realizar una adecuada oferta, planificación, ejecución y entrega eficiente del proyecto.

La empresa expone como necesidad la creación de un catálogo técnico en el cual se pueda identificar una tolerancia constructiva debidamente respaldada para las actividades que puedan significar un impacto de tiempo o costo en el proyecto que debe de evaluarse desde la etapa de planificación y firma de contrato.

A nivel nacional, existe muy poca reglamentación que sirva de respaldo técnico para definir tolerancias de construcción o criterios de aceptación de obras. Los profesionales que redactan las especificaciones técnicas suelen utilizar normativa internacional en una definición muy general, ya que no indican la sección o apartado de donde se extrajo la tolerancia.

Durante la investigación bibliográfica realizada, se logró ubicar al menos un pliego de especificaciones técnicas con apartados exclusivos sobre tolerancias constructivas de empresas constructoras. Esto evidencia claramente que el requerimiento de Bilco no es una necesidad aislada, sino que las empresas a nivel nacional ya han identificado la misma necesidad.

Las normas más utilizadas por los especificadores como referencia para los elementos de concreto reforzado son las del

Instituto Americano de Concreto (ACI²). Entre las cuales figuran las siguientes:

- ACI 318. Building Code Requirements For Reinforced Concrete (Código de Requerimientos para Concreto Reforzado en Edificaciones).
- ACI 301. Specifications for Structural Concrete Buildings (Especificaciones para Concreto Estructural en Edificaciones).
- ACI 117. Standard specifications for tolerances for concrete construction and materials (Estándar de especificaciones para tolerancias en construcción de concreto y materiales).
- ACI 302. Guide for concrete floor and slab construction. (Guía para pisos de concreto y construcción de losas).
- ACI 332 Guide to residential cast in place concrete construction (Guía de construcción residencial de hormigón en obra).
- ACI 347. Guide to formwork for concrete (Guía de formaleta para concreto).
- ACI 347.3R. Guide to form concrete surfaces (Guía para preparación de superficies de concreto).

Ampliando lo que se refiere a elementos estructurales de concreto, dependiendo de su naturaleza, figuran otras normas internacionales como la siguiente:

² Siglas en ingles de American Concrete Institute.

- Postensioning Concrete Institute. Precast / prestressed concrete design handbook (Instituto de Concreto Postensado / Manual diseño concreto pretensado / prefabricado).

Otras referencias bibliográficas que describen la fabricación de elementos estructurales de acero son:

- ASCE³. Standard code of standard practice for steel buildings and bridges (Código estándar de prácticas en edificios y puentes de acero).
- American welding society. d1.1 structural welding code. (Sociedad Americana de Soldadura, D.1.1 Código de Soldadura Estructural).
- ASTM A6 / A6M-19, Standard specification for general requirements for rolled structural steel bars, plates, shapes, and sheet piling (Especificaciones estándar para requerimientos generales de barras de acero, lacas, perfiles y láminas estructurales de fabricación laminadas).

Se lograron identificar documentos normativos que regulan los métodos para realizar pruebas de calidad como las siguientes:

- ASTM e1155-96 (2008) Standard test method for determining floor flatness and floor levelness numbers. (Método de prueba estándar para determinar la planitud del piso y los números de nivelación del piso).
- ASTM e1486-98 (2004) Standard test method for determining floor tolerances using waviness wheel path (Método de prueba estándar para determinar tolerancias de piso usando la trayectoria de la rueda ondulada).

Existe bibliografía internacional que regula o especifica la fabricación e instalación de ventanería, como lo son las siguientes normas:

- ASTM C1036-11 Standard specification for flat glass (Especificación estándar para vidrio liso).

- ASTM C1048-18. Standard specification for heat strengthened and fully tempered flat glass. (Especificación estándar para vidrio plano reforzado con calor y completamente templado).

- ASTM C1172 (2009). Standard specification for laminated architectural flat glass (Especificación estándar para vidrio plano arquitectónico laminado).

- ASTM E2112-19. Standard practice for installation of exterior windows, doors and skylights (Prácticas estándar para la instalación de ventanas, puertas y vidrios exteriores).

Por otra parte, también se logró ubicar un documento de aplicación nacional en Chile, que establece los parámetros de aceptación para las actividades de proyectos constructivos de tipo edificaciones.

- Cámara Chilena de la Construcción. Corporación de Desarrollo Tecnológico. 2017. Manual de tolerancias para las edificaciones. Trama Impresiones S. A.

Bilco Costa Rica tiene más de 9 años de ejecutar proyectos importantes y de gran envergadura a nivel nacional bajo los estándares más altos del mercado y buscando siempre tener una buena relación con sus clientes; ya que su ideología no es ser solamente una empresa constructora, sino ser una empresa constructora que genera un valor agregado a sus clientes, dándoles soporte técnico, recomendaciones, servicio posventa e incluso diseño.

Como toda empresa constructora, Bilco ha identificado que se suele repetir una problemática a la hora de la entrega de los proyectos debido a la falta de respaldo técnico y definición a tiempo para los criterios de aceptación de las obras.

La empresa ha logrado reconocer en estos años como opción de mejora la identificación oportuna de las tolerancias constructivas; de esta manera puede agilizar procesos, mejorar los

³ Siglas ASCE American institute of steel construction: Instituto Americano de Construcción en Acero.

presupuestos y realizar entregas de proyectos más eficientes para beneficio del cliente.

Idealmente basados en las especificaciones técnicas, tolerancias constructivas, así como planos que el diseñador genera, el constructor debe ofertar, planificar y ejecutar la obra.

Es deseable que en la etapa de negociación y firma de contrato dichos documentos se incorporen en los anexos. Sin embargo, la realidad nacional genera que muchas veces los constructores terminen asumiendo responsabilidades contractuales sin tener completamente claras las tolerancias de construcción indicadas; peor aún hay casos en los que este requerimiento es deficiente y aun así se ejecutan proyectos sin que las partes involucradas tengan claro cuáles serán los límites tolerables a la hora entregar una obra.

Por lo general cuando los diseñadores indican algunas normas dentro de los planos o las especificaciones técnicas, tratan el tema de tolerancias de manera muy amplia porque dan un marco de referencia general, no uno específico. De ahí la importancia de que las especificaciones técnicas estén asociadas a una tolerancia que haya sido analizada para cada una de las actividades del proyecto.

Alinear las tolerancias de construcción y especificaciones técnicas con las expectativas del cliente es una tarea de suma importancia para Bilco Costa Rica; ya que la empresa ha tenido en muchas ocasiones discrepancias con clientes porque quieren hacer valer su criterio sobre lo indicado en planos, amparándose en la deficiencia mencionadas en los párrafos anteriores.

Estas discusiones son desgastantes y muy subjetivas, conllevan gastos extra y sobretiempos para satisfacer el gusto o la necesidad que plantea el inspector o el cliente.

Estas discusiones, como se presentó en la Figura 1, suelen darse al finalizar los proyectos. Esta es una etapa donde por lo general debido a las complicaciones constructivas, administrativas

y financieras, las partes involucradas se muestran susceptibles. El hecho de proponer trasladar la discusión a una etapa temprana del proyecto representaría una mejora sustancial para las relaciones entre contratista y cliente, lo cual facilita el ajuste de los costos a lo especificado en los planos y la gestión apropiada de las expectativas de los involucrados.

La realidad constructiva hoy en día refleja un dinamismo más acelerado en los procesos de diseño y construcción. Bilco Costa Rica cuenta con una cartera de clientes frecuente, los cuales confían en su gestión lo suficiente como para asignarle proyectos sin proceso de licitación.

Esta condición de relación comercial crea un clima ideal para proyectos colaborativos tipo IPD (*"...Tipología de contrato colaborativo (Integrate Project Delivery busca reducir el gasto innecesario de tiempo, materiales y recurso humano...)"*)⁴– BIM⁵, de ahí que sea aún más importante manejar un buen contrato y una buena conceptualización de los costos, los plazos y la calidad de la obra en las etapas tempranas del proyecto.

En proyectos de carácter tradicional, es una práctica común incorporar dichas especificaciones dentro de los contratos; sin embargo, los proyectos están cambiando hacia una gestión enfocada a resultados específicos y no a la forma de lograrlos, a una gestión más colaborativa.

La guía de tolerancias planteada es un documento de aplicación práctica y cotidiana que va a ayudar a los profesionales de Bilco Costa Rica a mejorar la gestión de sus contratos y la relación sus clientes.

El procedimiento diseñado logró marcar un lineamiento administrativo para que los profesionales de Bilco Costa Rica puedan mantenerse actualizados, analizando las tolerancias constructivas que pueden obtener en obra.

⁴ Marc. (14 mayo 2015). Los contratos colaborativos IPD. Recuperado de www.Leanbimconstruction.com/los-contratos-colaborativos-ipd

⁵ Building Modeling Information – Modelos de información en la construcción.

Marco Teórico

Tolerancias de construcción

Como punto fundamental del presente proyecto, es indispensable definir el concepto de “tolerancia de construcción”. La bibliografía consultada menciona que:

“Los componentes utilizados para construir a menudo se fabrican, ensamblan en el sitio de las obras, en condiciones que pueden ser menos que ideales, y utilizando materiales con “imperfecciones” inherentes, por lo tanto, es imposible construir perfecto.

Ahora es difícil determinar si una variación de la perfección es simplemente una función de la naturaleza de un tipo particular de construcción o material, o si constituye un defecto. Por esta razón, es importante especificar las variaciones permitidas, o “tolerancias”, que no se consideran defectos”⁶.

Las tolerancias de un proceso o actividad constructiva pueden encontrarse en la norma técnica que la rige, manuales de buenas prácticas u otros documentos de referencia técnica que se consideran de aplicación general. Por lo tanto, son del dominio de diseñadores y se han utilizado como un criterio de aceptación o rechazo de las obras, determinando así si la calidad es la esperada y no compromete la integridad o estabilidad del elemento.

Se podría llamarles a las tolerancias de construcción la desviación esperada que se produce como el resultado de un proceso de construcción con respecto a lo diseñado. Son

valores medibles en sitio de obra, como podrían ser la planicidad obtenida en un piso de concreto, la variación en el plomo de un muro o columna, las variaciones del espesor de sisa entre las losetas de un enchape de piso, etc.

El cómo deben de manejarse estas tolerancias de construcción dentro del mercado nacional de la construcción es un tema poco tratado; los entes que deberían de regular estas prácticas, tales como el Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos (CFIA), Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) e INTECO, no han tenido la iniciativa de normalizar los parámetros de aceptación en cuanto a tolerancias.

La realidad actual nacional sobre el tema es que en la mayoría de los casos los documentos del proyecto dejan vacíos en especificaciones y tolerancias, lo cual genera espacio para disputas de calidad al final de la obra.

En Costa Rica, no se ha desarrollado un documento que sea de uso general de la industria; sin embargo, en otros países como Estados Unidos⁷ o Chile⁸ existen documentos de referencia que sirven a los contratistas para establecer costos a las actividades y manejar las expectativas del cliente.

Todos estos documentos tienen como fin buscar la uniformidad de criterios de aceptación de proyectos para que estos cumplan con parámetros de calidad mínima.

Con la intención de mostrar cómo se puede medir para verificar si los defectos encontrados en la obra se encuentran dentro de

⁶ Design Building Wiki (Marzo 2020). Construction Tolerances. Recuperado de https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Construction_tolerances

⁷ Kent, D. 2007. **HANDBOOK OF CONSTRUCTION TOLERANCES**. John Wiley & Sons.

Kubal, M. 2008. **CONSTRUCTION WATERPROOFING HANDBOOK**. McGraw Hill

National Association of Home Builders NAHB. Single Family Committee. 2005. **RESIDENTIAL CONSTRUCTION PERFORMANCE GUIDELINES FOR PROFESSIONAL BUILDERS**. Library of Congress Washington DC

⁸ Cámara Chilena de la Construcción. Corporación de Desarrollo Tecnológico. 2017. **MANUAL DE TOLERANCIAS PARA LAS EDIFICACIONES**. Trama Impresiones S. A.

las tolerancias permitidas en especificaciones técnicas, se muestra la siguiente figura:

FIGURA 3.
VERTICALIDAD

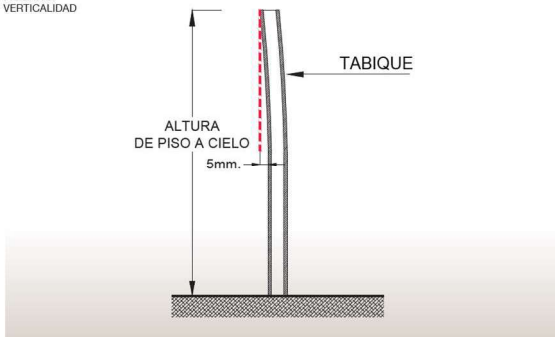
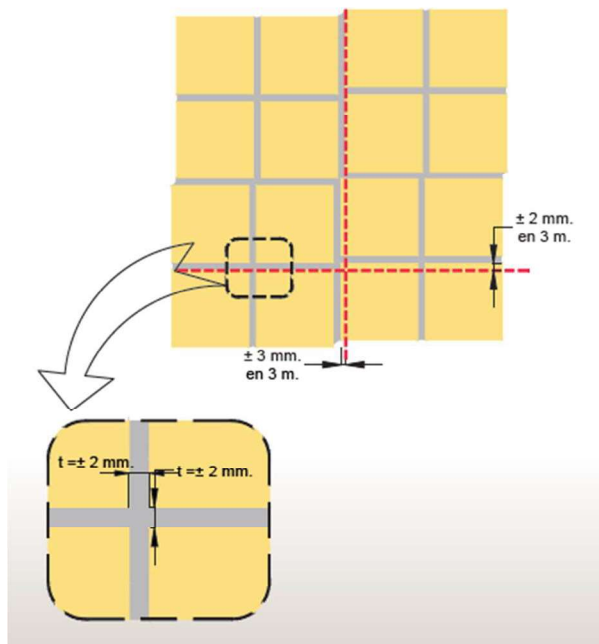


Figura 7: Tolerancia máxima permitida en la variación de la verticalidad de una pared liviana.⁹

Complementariamente, este mismo concepto de tolerancia máxima permisible puede observarse en la siguiente figura:



⁹ Cámara Chilena de la Construcción. Corporación de Desarrollo Tecnológico. 2017. **MANUAL DE TOLERANCIAS PARA LAS EDIFICACIONES**. Trama Impresiones S. A. Página 23

¹⁰ Cámara Chilena de la Construcción. Corporación de Desarrollo Tecnológico. 2017. **MANUAL DE TOLERANCIAS**

Figura 8: Tolerancia máxima permitida en la variación del espesor de un enchape de piso y la alineación vertical y horizontal entre losetas¹⁰

Todas las actividades indicadas en los planos tienen tolerancias de construcción asociadas. Estas pueden encontrarse indicadas en las especificaciones técnicas o bien investigando normativas o manuales de prácticas del ámbito específico.

De aquí la importancia de conocer las tolerancias de los procesos constructivos, para que se pueda hacer una buena estimación del costo, los recursos, los rendimientos y la eficiencia de cada actividad, acorde a las expectativas del cliente.

Defectos

Para entender la diferencia entre tolerancia constructiva y defecto, se define este último como:

“Los defectos son variaciones en las obras que no están de acuerdo con los planos y especificaciones técnicas. Pueden ocurrir cuando:

1. *Cuando exista un error de diseño (se ha solicitado un material que causa un efecto negativo sobre otro).*
2. *Deficiencias de materiales inherentes a su proceso de fabricación o transporte.*
3. *Atribuibles a las variables del proceso constructivo, especialmente cuando este involucra el ensamble de varias partes o piezas. Dentro de ellas el clima, condición de los equipos utilizados, etc.*
4. *Deficiencias de mano de obra cuando un proceso depende de la pericia o entrenamiento de operario”.¹¹*

PARA LAS EDIFICACIONES. Trama Impresiones S. A. Página 23

¹¹ Design Building Wiki (Marzo 2020). Construction Tolerances. Recuperado de https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Construction_tolerances

De lo anterior se entiende que existen defectos permitidos y no permitidos. Los llamados “tolerancias de construcción” son defectos permitidos.

Ampliando lo anterior, aquellos defectos que se encuentran protegidos por las tolerancias de construcción son aceptados como permisibles; no podrán formar parte de un reclamo por parte del cliente y tampoco ser motivo para que los inspectores califiquen la obra como mal construida o terminada.

Especificaciones técnicas

Para completar los términos importantes para este proyecto, se definen especificaciones técnicas como:

“La descripción de los productos, materiales y trabajos requeridos por un contrato de construcción. No incluyen el costo o la cantidad necesaria, por lo que deben leerse junto con otra información complementaria”.¹²

Además de lo señalado, dicha descripción debe contener los materiales que deben utilizarse, el proceso constructivo que debe emplearse, las tolerancias de construcción permitidas, la forma en que serán verificadas por los inspectores y, por último, cómo se utilizarán como criterios de aceptación.

Hay una correlación muy clara entre la calidad de la información que se indica en las especificaciones técnicas y el resultado logrado por el constructor.

Cuanto más información de calidad contengan las especificaciones técnicas de un proyecto, menos deberían ser la cantidad de orden de cambio solicitadas, menor la cantidad y frecuencia de los reclamos del cliente.

Ciclo de vida de un proyecto

El ciclo de vida de un proyecto se refiere a las fases que atraviesa desde su inicio hasta su fin.

Una fase es un conjunto de actividades del proyecto, relacionadas de manera lógica. Estas fases son:

1. Inicio del proyecto
2. Organización y preparación
3. Ejecución del trabajo
4. Finalización del trabajo

Las cuales a su vez están formadas por procesos agrupados por su función en forma lógica, estos grupos de procesos son:

1. Procesos de inicio
2. Procesos de planificación
3. Procesos de ejecución
4. Procesos de monitoreo y control
5. Procesos de cierre

La interacción entre las fases y los grupos de procesos se puede entender observando la Figura 9.

Los procesos de inicio y cierre en un proyecto están estrechamente ligados entre sí, cubriendo el total del ciclo de vida del proyecto debido a que el cierre consiste en documentar el cumplimiento de los objetivos definidos por los involucrados en el inicio del proyecto.

El cierre es un conjunto de procesos que se traslapa con los procesos de ejecución, monitoreo y control definiendo, antes de terminar el proyecto como debe entregarse, desde el punto de vista de plazo, costo, calidad y otros.

¹² Design Building Wiki (Marzo 2020). Construction Tolerances. Recuperado de

https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Construction_tolerances

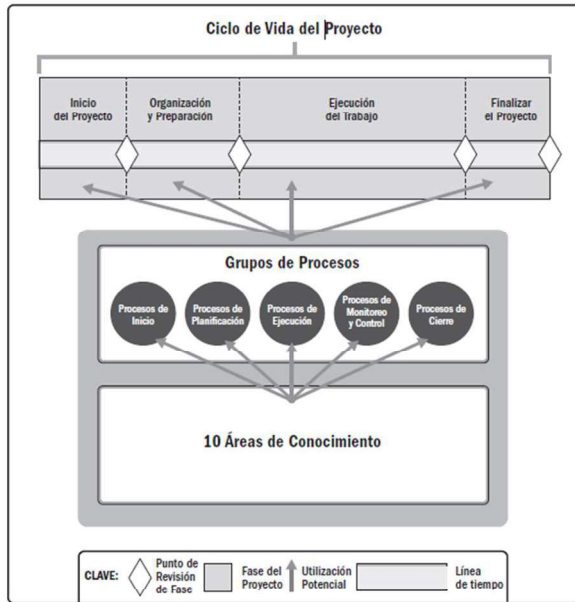


Gráfico 1-5. Interrelación entre los Componentes Clave de los Proyectos de la Guía del PMBOK®

Figura 9: Interacción entre fases y grupos de procesos según el PMI y su guía de proyectos.¹³

De forma gráfica las fases de un proyecto pueden apreciarse en la Figura 10.

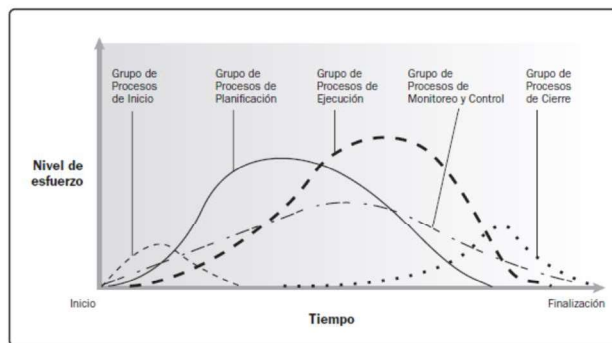


Gráfico 1-5. Ejemplo de Interacciones entre los Grupos de Procesos dentro de un Proyecto o Fase

Figura 10. Gráfica nivel de esfuerzo vs. tiempo de un proyecto en su ciclo de vida.¹⁴

En esta figura, puede verse cómo los procesos de inicio y cierre abarcan todo el ciclo de vida de un proyecto, esto debido a que a las expectativas del cliente se les debe dar seguimiento a través de todo el proyecto, hasta

poder asegurarse de que se han cumplido exitosamente.

Contrato

Las expectativas del cliente quedan plasmadas en los planos constructivos y especificaciones técnicas redactadas por los diseñadores, y estas a su vez forman un documento de referencia para el contrato de la obra.

Todo lo anterior sirve de base teórica para ubicar el documento llamado contrato en el ciclo de vida del proyecto. El cual se gesta en la fase de inicio y se cierra en la fase final del proyecto.

Este documento es un listado de acuerdos entre el cliente y el constructor de la obra, donde se describe cuáles serán las responsabilidades para cada una de las partes a la hora de realizar el trabajo.

Sin embargo, en la mayoría de los casos, quedan por fuera las expectativas del cliente debido a que este no conoce en detalle lo indicado en especificaciones técnicas ni en las demás normas de referencia que dictan los procedimientos para el chequeo de calidad de las obras antes de entregar.

También puede presentarse la situación de que el cliente ha firmado el contrato, pero en realidad no ha podido entender los planos y las especificaciones, ya que no logra imaginarse cómo en realidad serán los espacios, los volúmenes, y cómo se ven afectados por las instalaciones eléctricas, estructuras, etc.

Esta deficiencia contractual es muy grave para el contratista general, ya que debe enfrentar la situación haciendo reposiciones o retrabajos sin tener claro cuáles son las expectativas del cliente, siendo estas siempre muy subjetivas.

Por lo general, estas disputas se dan una vez que el proyecto ya está construido, lo cual

¹³ Project Management Institute. 2017. LA GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK 6ª edición. Project Management Institute Inc., página 18

¹⁴ Project Management Institute. 2017. LA GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK 6ª edición. Project Management Institute Inc., página 555.

genera un ciclo de cambios que se convierte en un desgaste de la relación contractual.

Actividades Críticas

No todas las actividades tienen el mismo impacto en el proyecto si se les evalúa con respecto al riesgo de ser aceptadas por el cliente; es decir, se analizaron aquellas que representan un riesgo importante para el proyecto.

Se consideran aquellas actividades críticas las que han sido controversiales durante la recepción de obras y aquellas que han causado sobrecostos considerables con tal de complacer al cliente.

Las normas tratan de ser amplias en su alcance abarcando actividades que no han sido identificadas como críticas para Bilco Costa Rica S. A. Por lo que el presente proyecto busca hacer referencia al capítulo y la sección en donde se puede encontrar la tolerancia indicada para mayor facilidad.

Proyectos IPD –BIM

Ante las crecientes demandas de los clientes por llevar a cabo proyectos de construcción cada vez más exigentes en plazos y presupuesto, surge INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD); la cual es una metodología para proyectos principalmente de construcción, que propone conjuntar los procesos de factibilidad, diseño, construcción y licitación para lograr eficiencias en productividad y costo.

Estos proyectos IPD son compatibles y casi inseparables de la metodología colaborativa BIM, los procesos de administración de proyectos y de otros como construcción Lean y construcción sostenible.

A través de las herramientas BIM, es posible incorporar a estos proyectos IPD, modelado, realidad virtual, inteligencia artificial, entre otros menos importantes; lo cual permite

conciliar mejor los procesos de diseño, estimación de costos y aún más importante las expectativas de los involucrados.

Los proyectos IPD proponen incorporar al constructor y diseñador desde las etapas de evaluación, que tradicionalmente gestionaba el cliente por sí solo, para lograr un proceso de iteración que permita evaluar de manera constante las propuestas de mejora al proyecto.

Este gráfico ilustra cómo la metodología de proyectos se está viendo rodeada de nuevas tecnologías que la están obligando a adaptarse y a evolucionar.

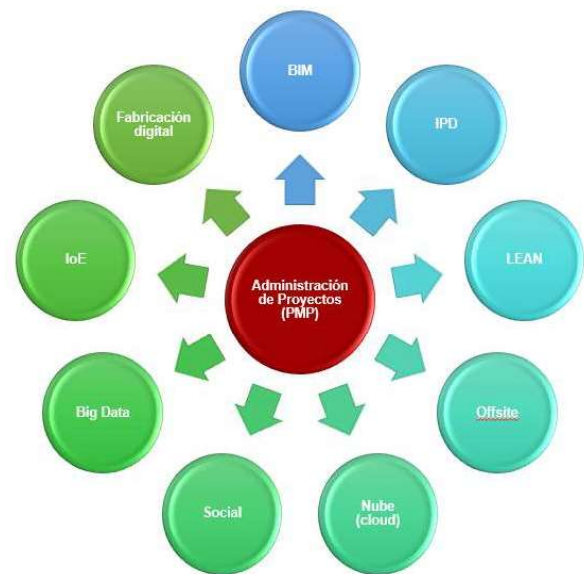


Figura 8: Metodología PMP con nuevas tecnologías de trabajo colaborativo¹⁵

De la misma forma que evolucionan los proyectos, también deben hacerlo los contratos de construcción; y las empresas participantes deben cambiar hacia una especialización en procesos constructivos como empresas subcontratistas o en administración de proyectos como contratistas generales.

Para mejorar la elaboración de los contratos, las especificaciones técnicas y las tolerancias, se debe conocer ampliamente los

¹⁵ Project Management Institute. 2017. LA GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK. Project Management Institute Inc.

procesos de construcción, restricciones de las normas de diseño nacionales e internacionales de forma que las expectativas del cliente queden reflejadas en el contrato sin que los planos y las especificaciones estén terminadas aún. Bilco Costa Rica ha incursionado en varios proyectos de este tipo y ha logrado buenos resultados utilizando herramientas BIM para manejar el cronograma y los costos, sin embargo, el manejo de las expectativas del cliente no ha evolucionado a la misma velocidad, presentando el problema de hacer proyectos modernos con la misma problemática de los contratos tradicionales.

Este gráfico plantea que en los proyectos IPD, los constructores se incorporan al equipo de trabajo desde las etapas iniciales de conceptualización y análisis financiero de las obras para que este pueda aportar acerca de costos, plazos, especificaciones, tolerancias y aún más importante cómo se relacionan entre sí.



Figura 9. Diagrama participación de involucrados en la etapa de un proyecto IPD. ¹⁶

Metodología

¹⁶ Peace, J. 2007. Integrated project delivery. An action guide for leaders, INTEGRATED PROJECT DELIVERY ALIANCE. #89-88p.

Esta práctica profesional dirigida fue llevada a cabo según las necesidades de Bilco Costa Rica, en el marco de sus proyectos, los cuales se ubican en la Gran Área Metropolitana, con la colaboración de sus gerentes de proyecto y sus directores.

El informe que se presenta tendrá como base la información que se logró recopilar a través de sesiones de trabajo individuales y entrevistas a los gerentes y directores.

La investigación de referencias bibliográficas y su respectivo análisis buscó enfocarse en aquellas tareas que podrían generar un mayor impacto en el costo, el plazo y la calidad de la obra.

A continuación, se desglosa la metodología y las prácticas utilizadas para solventar la necesidad planteada.

Elaboración de diagnóstico para proyectos claves

Entrevistas en proyectos clave

Se realizaron siete sesiones de trabajo a los gerentes de proyecto y directores, sobre las actividades que han presentado reclamos de calidad o precisión de construcción por parte de los inspectores o el cliente a la hora de hacer la entrega de las obras.

La idea de estas entrevistas fue recopilar cuáles actividades son consideradas por los ingenieros a cargo de los proyectos como críticas y su eventual impacto en costo y plazo.

Dicha evaluación se planteó bajo la modalidad de un formulario de preguntas únicas, la cual se iba llenando a manera tipo conversatorio para no limitar la respuesta y obtener más información posible de las vivencias. A continuación, se detalla el cuestionario aplicado.

CUADRO 3. Cuestionario para identificar actividades críticas	
1	¿En su proyecto, desde el punto de vista de tolerancias, cuáles actividades considera que tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto?
2	¿En algún caso, los inspectores han anticipado problemas de recepción por considerar que lo construido no cumple con las expectativas? ¿Cuál actividad?
3	En su proyecto anterior, ¿a cuáles actividades hubo que hacerles reparaciones o retrabajos para que fueran aceptadas por los inspectores?
4	¿Históricamente, en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? ¿Cuáles?
5	¿En su proyecto, se ha utilizado el contrato como protección ante una discusión con los inspectores? ¿Cuál actividad específica?
6	¿En su proyecto, se han utilizado las especificaciones técnicas y los planos como protección ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? ¿Cuál actividad?
7	¿Las especificaciones técnicas no indican las tolerancias que los inspectores y el cliente esperan para el proyecto?
8	¿Hay actividades en su proyecto que no están alineadas entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. ¿Cuáles?

Las respuestas de los cuestionarios para cada encuesta se pueden ver a detalle en el Anexo 2.

Como un paso complementario al anterior, en caso de que las respuestas no fueran lo suficientemente amplias o claras, se realizaron llamadas telefónicas y videoconferencias, las cuales fueron atendidas según disponibilidad de los ingenieros.

Tabulación de resultados en entrevistas – Lista actividades críticas

La manera visual de evaluar y analizar las respuestas obtenidas del cuestionario y las entrevistas consistió en la elaboración de una lista para establecer aquellas actividades en común que reportaron los ingenieros como críticas.

Durante las entrevistas, también se guio a los entrevistados para que enfocaran sus respuestas en actividades concretas de forma que se le pueda asignar un punto a cada respuesta obtenida, esto fue posible gracias a grado de conocimiento técnico que tienen los profesionales.

Dicha tabulación permitió evaluar qué tan frecuentes son las actividades críticas a pesar de pertenecer a diferentes proyectos constructivos.

También, permitió evaluar e incluir ciertas actividades que si bien hasta el momento no han representado problemas a la hora de entrega, varios ingenieros consideran que es importante que se incluyan dentro del alcance del procedimiento, ya que pueden ser de gran utilidad en próximos proyectos.

Matriz de riesgo para lista actividades críticas

Una vez obtenida la lista de actividades críticas, se propuso una clasificación dependiendo de la frecuencia, los costos y la complejidad técnica según lo que se reportó durante las entrevistas.

Se propuso y acordó con la empresa Bilco la siguiente escala de puntuación para establecer un semáforo de riesgo de las actividades críticas.

CUADRO 4. Semáforo evaluación riesgo para actividades críticas

Variable de evaluación	Evaluación de riesgo		
	Bajo	Medio	Alto
Frecuencia	$X \leq 3$	$3 < X \leq 5$	$5 < X$

Se considerará una mayor importancia o mayor nivel de riesgo a aquellas actividades que se hayan identificado en más cantidad de proyectos.

Inicialmente, se había propuesto dentro del alcance del proyecto hacer una evaluación de costos para las actividades críticas reportadas, con el fin de valorar el riesgo desde otra variable; sin embargo, la empresa estimó las posibles implicaciones de exponer dicha información y considera que no es recomendable por su competitividad en el gremio.

Descripción detallada de las actividades críticas

Del listado generado anteriormente, se elaboró un glosario de actividades críticas por metodología constructiva, materiales o especificaciones para normalizar las tipologías constructivas de la empresa.

La propuesta busca ser lo más puntual y de fácil entendimiento para todos los usuarios sin entrar en detalles para que a la hora de la aplicación en los próximos proyectos no se preste para confusión.

La definición de este glosario ejecutivo se obtuvo gracias a la consulta de planos de los proyectos evaluados, especificaciones técnicas y carteles en donde aplicara.

Catálogo técnico de tolerancias constructivas

Investigación y análisis de bibliografía técnica

Se hizo un trabajo de investigación para mapear la bibliografía nacional e internacional con el fin de identificar posibles respaldos bibliográficos para la definición de tolerancias constructivas.

Una vez identificada la bibliografía pertinente, se procedió a hacer un análisis de las referencias (publicaciones técnicas, normas nacionales e internacionales, especificaciones técnicas de diseño, etc.) que puedan ser utilizadas en las actividades críticas señaladas en el apartado anterior.

Tabulación de referencias bibliográficas y tolerancias en actividades críticas

Luego de mapeada y analizada dicha bibliografía, se correlacionó la información con las actividades críticas identificadas y debidamente descritas, esto en una tabla resumen que se incluyó dentro del procedimiento para Bilco Costa Rica.

Las tablas se generaron con las respectivas actividades críticas identificadas, indicando la magnitud de la tolerancia, una descripción de la actividad y, por último, una referencia a la norma de donde se extrajo.

Procedimiento administrativo para Bilco Costa Rica

La empresa Bilco Costa Rica planteó como necesidad fundamental dentro del alcance de la práctica dirigida el elaborar un procedimiento administrativo que defina roles y responsabilidades para la inclusión de las tablas de tolerancias en los contratos de proyectos.

Se procedió a generar un documento final que permita a Bilco usar como herramienta técnica para incorporar en sus contratos una aclaración para el cliente y también las tolerancias constructivas como respaldo legal.

Antes de plantear la propuesta para el procedimiento administrativo, se tuvo acceso al sistema interno de gestión de la empresa Bilco para estudiar los procedimientos administrativos existentes con el fin de evitar duplicidad y proponer un documento similar en formato y estructura.

Dentro de la propuesta del documento, se planteó describir los pasos necesarios para el uso de la *Guía para criterios de aceptación*, detallando los recursos humanos y las herramientas necesarias.

Se propuso incluir dentro del documento un diagrama de flujo que resuma todos los pasos necesarios para la aplicación de la guía, de manera que sea más fácil su entendimiento para los usuarios.

También se realizó una matriz de roles y responsabilidades, la cual detalla cómo los recursos humanos se apoyan entre sí para lograr el fin del procedimiento. Dicha matriz puntualiza quién realiza el trabajo, quién lo revisa y quién da el visto bueno final.

Resultados

Diagnóstico y tabla de tolerancias

En el siguiente cuadro resumen, se presentan las respuestas extraídas del cuestionario, la lista de actividades críticas identificadas y cuáles son las más importantes desde el punto de vista del impacto en costo y plazo que causaría un rechazo.

Asimismo, también se resumen varios resultados obtenidos, mostrando la cantidad de respuestas según la actividad y la calificación de riesgo de rechazo también obtenida por la cantidad de respuestas según la propuesta de evaluación de riesgo planteada.

CUADRO 5: Matriz de respuestas y clasificación de riesgo para actividades críticas

	Obra gris							Acabados				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Columnas internas	Muros internos	Vigas prefabricadas	Entrepisos prefabricados	Entrepisos nostensados	Contrapisos	Muros de fachada	Enchapes porcelanato	Ventanería	Paredes yeso	Cielos yeso	Apariencia del concreto expuesto
Ing. José Pablo de Mezerville M				1	1		1	1	1			2
Ing. Arturo Monge J		1		1	1	1			1			2
Ing. Fabricio Coronado D		1		1		1			1			1
Ing. Adrián Vásquez		1		1		1				1	1	1
Ing. Nefery Acón	1	1	1	1	1				1			1
Ing. Gabriel Madrigal	1		1	1		1	1	1	1	1	1	
Ing. Luis Barrantes Z				1	1			1	1		1	1
Total	2	4	2	7	4	4	2	3	6	2	3	8
Riesgo	BAJO	MEDIO	BAJO	ALTO	BAJO	MEDIO	BAJO	BAJO	ALTO	BAJO	BAJO	ALTO

En el Cuadro 5, se hace una lista de las actividades críticas obtenidas durante las entrevistas y las sesiones de trabajo, las cuales forman dos grandes grupos obra gris y acabados.

El Cuadro 6 indica la descripción detallada de cada una de las actividades críticas mapeadas con su respectiva referencia bibliográfica identificada para su consulta en caso de ser necesaria.

CUADRO 6: Normas internacionales que definen tolerancias de construcción				
		Actividad crítica	Descripción detallada	Referencias
OBRA GRIS	1	Columnas internas	Concreto reforzado con acabado expuesto	ACI 117, ACI 347, ACI 332, ACI 301, ACI 303
	2	Muros internos	Concreto reforzado con acabado expuesto	ACI 117, ACI 347, ACI 332, ACI 301, ACI 304
	3	Vigas prefabricadas	Concreto reforzado con acabado expuesto	ACI 117, ACI 347, ACI 332, ACI 301, ACI 305
	4	Entrepisos prefabricados	Concreto reforzado para la instalación de alfombras o pisos de porcelanato	ACI 302, ASTM E1155, ACI 117
	5	Entrepisos postensados	Concreto reforzado para la instalación de alfombras o pisos de porcelanato	ACI 302, ASTM E1155, ACI 117
	6	Contrapisos	Concreto reforzado con lujado para parqueos	ACI 302, ASTM E1155, ACI 117
	7	Muros de fachada	Concreto reforzado con acabado expuesto	ACI 117, ACI 347, ACI 332, ACI 301, ACI 305
ACABADOS	8	Enchapes porcelanato	Cerámica, porcelanato, en diferentes formatos	Manual de tolerancias para edificaciones. Capítulo 10. Revestimientos cerámicos
	9	Ventanería	Aluminio - Vidrio, tipo muro cortina	Manual de tolerancias para edificaciones. Capítulo 13. Ventanas. ASTM C1036, C1048, C1172
	10	Paredes yeso	Estructura de acero HG forrado en láminas de gypsum	Manual de tolerancias para edificaciones. Capítulo 9. Paredes y cielos de yeso. Manual USG.
	11	Cielos yeso	Estructura de acero HG forrado en láminas de gypsum	Manual de tolerancias para edificaciones. Capítulo 9. Paredes y cielos de yeso. Manual USG
	12	Apariencia del concreto expuesto	Limpieza y acabado posterior al colado del concreto	ACI 347, ACI 347.3R- Manual acabado del concreto expuesto de Bilco Costa Rica S. A. y la norma alemana Merkblatt Sichtbeton Deutscher Benton-und Bautechnik-Verein"

Del análisis realizado para identificar las normas nacionales e internacionales que indican tolerancias de construcción, se desprende que:

A nivel nacional no existe normativa relacionada con tolerancias de construcción en general ni alguna otra relacionada al concreto estructural, elementos de acero, formaleta, acabados ni concreto expuesto.

Se consultó en el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), Instituto Costarricense del Cemento y Concreto (ICCYC), Colegio Federado de Ingenieros y Arquitectos de Costa Rica, (CFIA) y Cámara Costarricense de la Construcción (CCC) sin encontrar referencia alguna que pudiese utilizarse como insumo en el presente trabajo.

Sobre la documentación que se logró identificar, en la sección de obra gris del catálogo de tolerancias, se incluyen como referencia normas de uso habitual en Costa Rica, de origen estadounidense como lo son las normas ASTM y ACI. A continuación, se hace una breve descripción del alcance identificado para cada documento y su utilidad en el presente proyecto.

- ACI 318. BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE.

Es un código de diseño que indica criterios para el diseño de estructuras de concreto reforzado. En cuanto a tolerancias de construcción, no aporta nada.

- ACI 301. SPECIFICATIONS FOR STRUCTURAL CONCRETE BUILDINGS.

Esta es una norma que resume buenas prácticas para la construcción de edificios de concreto reforzado; trata algunos temas de tolerancias muy por encima; hace referencia directa a la norma ACI 117 para aclararlos.

- ACI 117. STANDARD SPECIFICATIONS FOR TOLERANCES FOR CONCRETE CONSTRUCTION AND MATERIALS.

Es una norma dedicada a tolerancias de construcción para elementos de concreto; es

muy amplia y, abarca elementos y procesos que no son utilizados en el país.

Muchas de las tolerancias indicadas en los cuadros dentro de la sección de resultados fueron extraídas de la norma ACI 117. Esto luego de hacer una evaluación en conjunto con los gerentes de proyecto de Bilco Costa Rica para asegurar que la norma es alcanzable y razonable de acuerdo con la forma de llevar a cabo sus procesos de construcción.

En muchas ocasiones, las tolerancias definidas por la norma son un rango de variaciones permitidas y, en caso de ser necesario, debe escogerse una como máximo a la hora de especificarla en los documentos del proyecto.

- ACI 302. GUIDE FOR CONCRETE FLOOR AND SLAB CONSTRUCTION.

Esta norma examina paso a paso un método para la construcción de losas de concreto, su aporte con respecto a tolerancias es limitado y hace referencia a la norma ACI 117.

En el Cuadro 8, se hace una equivalencia entre esta norma, la norma ACI 117 y los resultados de la prueba ASTM E1155; los cuales en muchas ocasiones se confunden entre sí, pero son datos equivalentes enfocados desde una perspectiva diferente.

- ACI 332 GUIDE TO RESIDENTIAL CAST IN PLACE CONCRETE CONSTRUCTION.

Esta es una norma de buenas prácticas para colocar concreto en obras residenciales, su aporte al tema de tolerancias es mínimo, hace referencias a la norma ACI 117 para que el lector amplíe el tema por su cuenta.

- ACI 347. GUIDE TO FORMWORK FOR CONCRETE.

Esta es una norma muy relacionada con la apariencia del concreto expuesto, ya que trata de buenas prácticas para la construcción de formaletas para concreto en general.

Con respecto al tema de tolerancias, no indica nada en forma directa, hace referencia a la norma ACI 117.

Para definir las tolerancias de construcción en un concreto expuesto, se analizan dos normas, una alemana y otra estadounidense, para compararlas con el documento descriptivo utilizado por Bilco Costa Rica S. A.

- ACI 347.3R. GUIDE TO FORM CONCRETE SURFACES.

Esta es una norma muy reciente, fue redactada en el 2013 y aun no es aplicada al ciento por ciento por los contratistas y especialistas de la construcción en Estados Unidos.¹⁷

Es un esfuerzo del ACI por ampliar el alcance de la norma ACI 347 con respecto a la forma en la que se hace el concreto expuesto.¹⁸

- POSTENSIONING CONCRETE INSTITUTE. PRECAST / PRESTRESSED CONCRETE DESIGN HANDBOOK.

Es una norma de diseño que combina buenas prácticas de construcción para elementos postensados, hace referencia a deflexiones y agrietamientos permitidos que pueden utilizarse como tolerancias.

- ASTM A6 / A6M-19, STANDARD SPECIFICATION FOR GENERAL REQUIREMENTS FOR ROLLED STRUCTURAL STEEL BARS, PLATES, SHAPES, AND SHEET PILING.

Es una norma que indica las tolerancias de fabricación de elementos estructurales de acero rolados en frío.

La sección de acabados tiene como referencia principal el *Manual de tolerancias para construcciones* de la Cámara de la Construcción de Chile, porque se trata de un

manual claro y de prácticas constructivas comunes a las costarricenses.

- ASTM E1155-96 (2008) STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING FLOOR FLATNESS AND FLOOR LEVELNESS NUMBERS.

Esta es la norma para la realización de la prueba de planicidad para losas de concreto, es en sí una forma de medir si los defectos de las losas en nivelación y planicidad.

Esta norma también indica las tolerancias máximas permitidas para las losas de concreto de acuerdo con el uso para el cual fueron construidas. Esto se traslapa con las tolerancias indicadas en el ACI 117 y ACI 302.

- ASTM C1036-11 STANDARD SPECIFICATION FOR FLAT GLASS.
- ASTM C1048-18. STANDARD SPECIFICATION FOR HEAT STRENGTHENED AND FULLY TEMPERED FLAT GLASS.
- ASTM C1172 (2009). STANDARD SPECIFICATION FOR LAMINATED ARCHITECTURAL FLAT GLASS.
- ASTM E2112-19. STANDARD PRACTICE FOR INSTALLATION OF EXTERIOR WINDOWS, DOORS AND SKYLIGHTS.

Estas normas indican las tolerancias para la fabricación de vidrios crudos, temperados y elementos de aluminio necesarios para la fabricación de sistemas de ventanería.

En el Cuadro 7, se resume para cada línea y elemento crítico identificado, la tolerancia constructiva obtenida de la bibliografía consultada, así como comentarios de interés que el usuario debería conocer para la aplicación de estas dentro de su catálogo de proyecto.

¹⁷ W, Malish. 2014. Examination and evaluation of ACI 347.3R-13 Guide to formed concrete surfaces. ASCC.

¹⁸ Suprenant, B. 2014. Can contractors meet these requirements? ACI 347.3R-13 Guide to formed concrete surfaces. ASCC.

CUADRO 7: Tolerancias para elementos de concreto		
Elemento de concreto	Tolerancia	Comentario
Variación en plomo, para elementos de 3 m de altura de piso a piso		
Columnas, muros colados en sitio (externos e internos)	6,4 mm	Esta tolerancia es definida por el ACI 117 4.1.2 como un porcentaje de la altura. Debe revisarse para cada proyecto
Instalación de elementos prefabricados	6,4 mm	Esta tolerancia es definida como un porcentaje de la altura, por lo tanto, debe revisarse para cada proyecto. Ver ACI 117 5.3.1
Variación de nivel (grada en cambios de colada)		
Fondos losa y fondos vigas CLASE A	3,2 mm	Esta irregularidad puede ser determinada de acuerdo con el uso que tendrá el elemento en las especificaciones técnicas del diseñador o arquitecto, definiendo la clase de superficie según el ACI 117, capítulo 4.8.3
Uniones entre diferentes coladas en columnas, muros, vigas (externos e internos) CLASE A	3,2 mm	
Variaciones de dimensión (largo, ancho)		
Columnas, vigas, muros, bordes de losas y entrepisos	6,4mm	Cuando se trata de altura, puede verse en ACI 117 capítulo 5.1.3
El espesor de losas de concreto suspendidas (losas densas o losas de entrepiso)	6,4 mm	Con respecto a los espesores de losas de concreto suspendidas (losas de entrepiso, losas densas), puede verse en ACI 117 capítulo 4.5.3
El espesor de losas de contrapiso	9.4 mm	Con respecto a los espesores de losas de contrapiso, puede verse en ACI 117 capítulo 4.5.4
La instalación de columnas, vigas, espesor losas, espesor muros en uniones con elementos prefabricados	9,4 mm	En el caso de encontrar una desviación en las uniones entre elementos colados en sitio con elementos prefabricados ACI 117 5.3.1
Fabricación elementos prefabricados	12,7mm	Ver ACI 117 5.3.1
Variaciones de ubicación vertical (niveles finales)		
Columnas, vigas, muros, dinteles, ménsulas	12,7 mm	Desviaciones en la altura final obtenida de un elemento con respecto a la que debería tener en planos ACI 117 capítulo 4.2.2
La instalación de columnas, vigas, espesor losas, espesor muros en uniones con elementos prefabricados	12,7 mm	En el caso de encontrar una desviación en las uniones entre elementos colados en sitio con elementos prefabricados ACI 117 5.3.1

Losas de concreto, en contrapiso, aceras	19,1 mm	Desviaciones en la altura final obtenida en losa contra el piso, con respecto a la que debería tener en planos ACI 117 capítulo 4.4.1
CUADRO 7: Tolerancias para elementos de concreto (continuación)		
Deflexión de entrepisos de concreto	Tolerancia	Comentario
Losas de concreto colado en sitio	19 mm	Desviaciones del nivel final obtenido por debajo de las losas, con respecto a la que debería tener en planos ACI 117 capítulo 4.4.1 y 4.5.3
Losa de concreto prefabricado (losa extruida o vigueta)	25 mm	Desviaciones del nivel final obtenido por debajo de las losas, con respecto a la que debería tener en planos ACI 117 capítulo 4.4.1 y 4.5.3
..... El cumplimiento de planicidad y niveles finales de una losa de concreto puede determinarse mediante la aplicación diversos métodos, los cuales se describen en el cuadro "tolerancias de planicidad y nivel de losas de concreto"..... ver Cuadro 8 de este documento		
Variaciones de ubicación horizontal		
Columnas, vigas, espesor losas, espesor muros	25 mm	En desviaciones de ubicación con respecto a los ejes indicados en planos ACI 117 capítulo 4.2.1
La instalación de columnas, vigas, espesor losas, espesor muros en uniones con elementos prefabricados	12,7 mm	En el caso de encontrar una desviación en las uniones entre elementos colados en sitio con elementos prefabricados ACI 117 5.3.1
Contraflecha máxima losas prefabricadas (luz 6 m)		
Losas extrudidas y viguetas prefabricadas	17 mm	Este valor es determinado como L/360, según PCI capítulo 13.2.8
Diferencia entre contraflechas del mismo entrepiso	13 mm	

CUADRO 8: Tolerancias de planicidad y nivel de losas de concreto							
Uso	Contrapiso			Entrepiso			Método del codal 6m según ACI 117 4.8.4
	ASTM E1155 Coeficiente planicidad FF	ASTM E1155 Coeficiente nivelación FL	Clase ACI 302	ASTM E1155 Coeficiente planicidad FF	ASTM E1155 Coeficiente nivelación FL	Clase ACI 302	
Áreas no públicas. Cuartos electromecánicos, bodegas, pasillos de servicio, parqueos	20	15	1 y 2	20	na	1 y 2	15 - 7 mm
Áreas para instalación de alfombras o porcelanato en edificios residenciales o de oficinas	25	20	2	25	na	2	12 - 6 mm
Pisos amplios con acabados delgados, o pisos para naves industriales de uso general	35	25	2,3,4,5,6,7,8	25	na	2,3,4	9 - 4 mm
Pisos para naves industriales con tráfico montacargas de precisión u otros equipos similares	45	35	9	na	na	9	7 - 3 mm
1) Las mediciones a una losa de concreto deben hacerse antes de cumplirse 72 horas de curado del concreto y antes de remover el apuntalamiento ACI 117 4,8,4.							

- 2) Las mediciones hechas con un codal de 6 m corresponden a lo indicado en el ACI 117 4.8.4.
- 3) Estos mismos métodos aplican en el caso de losas postensadas.
- 4) Comparación entre las normas ASTM E1155 (método de medición electrónica), ACI 302 (métodos de colocación del concreto) y ACI 117 (método de medición manual).
- 5) Los niveles esperados de nivel y planicidad deben ser especificados por los diseñadores, los cuales van asociados al uso que se le pretende dar a la losa.

CUADRO 9: Tolerancias en la fabricación y colocación de acero estructural

Elemento de concreto	Tolerancia
Desviación en dimensiones	
Elementos que se conectan con placas	1 mm
Elementos que se conectan sin placas, longitud menor a 9 m	2 mm
Elementos que se conectan sin placas, longitud mayor a 9 m	3 mm
Desviación en contra flechas	
Fabricación de elementos que tiene un diseño de contraflecha	13 mm
Desviación de plomo	
Para la instalación columna individual interior, 3 m de altura	6 mm
Para la instalación columna individual exterior	25 mm
Desviación acumulada para columnas exteriores de hasta 90 m de altura	50 mm
Desviación de alineamiento	
Para la instalación elementos que se conectan a columnas	8 mm
Para la instalación elementos que se conectan a columnas, si es ajustable	10 mm

Según Anexo 13 Requerimientos Generales FSA, respaldada por la norma ASTM A6

CUADRO 10: Tolerancias instalación de acabados

Elemento	Tolerancia	Comentario
Ventanería de aluminio		
Vidrio temperado	Vidrios pueden tener diferencias en sus dimensiones y descuadres de hasta 4mm. En el caso de rayas, el vidrio se cambia: 1) si son perceptibles a una distancia de 1.5 m. 2) si al menos una de las rayas debe ser mayor a 75 mm 3) si hay tres rayas menos a 75 mm	Manual de tolerancias para edificaciones, capítulo 13. Ventanas. ASTM C1036, C1048, C1172
Perfiles de aluminio	El corte entre piezas del marco puede tener separaciones de hasta 1 mm. Las rayas se corregirán si son perceptibles a una distancia de 1.5m. Debido a la presencia de accesorios instalados a mano, es posible que alguno quede desalineado; esto no podrá ser un criterio de rechazo	Manual de tolerancias para edificaciones, capítulo 13. Ventanas. ASTM C1036, C1048, C1172
Instalación de enchapes		
Diferencias de nivel entre losetas	1 mm	Manual de tolerancias para edificaciones. Capítulo 10. Revestimientos cerámicos
Diferencias de nivel entre losetas - otros acabados	2 mm	
Diferencias de alineación entre losas, verticales y horizontales	3 mm	

Superficie de la loseta efectivamente adherida a la superficie	70%	
Diferencia en los espesores de fragua	2 mm	
CUADRO 10: Tolerancias instalación de acabados (continuación)		
Paredes y cielos yeso		
Planicidad	3 mm (codal 1,20m)	Manual de tolerancias para edificaciones. Capítulo 9. Paredes y cielos de yeso. Manual USG.
Linealidad de aristas	3 mm por m	
Verticalidad de aristas	2 mm por m	
Cuadratura de esquinas (externas e internas)	3 mm (escuadra 30 cm)	

Dado que Bilco Costa Rica S. A. ha puesto en práctica en sus contratos criterios de aceptación de orden cualitativo, en el siguiente cuadro, no se observarán tolerancias similares a las indicadas en los cuadros anteriores.

CUADRO 11: Niveles de acabado para concreto expuesto					
	Descripción	Acabado	Procedimiento	Uso	Mano de obra requerida
Nivel 1	Limpieza de rebabas y excedentes, alambres, clavos y restos de madera	Enterrado, oculto o repellido	Picar utilizando una piqueta los excesos de concreto en los bordes de los elementos, quebrar con martillo los clavos y alambres que hayan quedado después de la formaleta	Obras en infraestructura y parqueos. También en elementos que quedan ocultos por cielos, paredes o llevan repello	Peones
Nivel 2	Lijado general, dejando las juntas y reparando perímetro alrededor de los oficios de ties.	Sellador transparente o pintura	Con una lijadora orbital, se lija el elemento por completo como acabado final para quitarle manchas. Dejado las sisas y ties reparados. En caso de una reparación de un hormiguero se fijan las juntas y los ties. También se pulen ochavos	Áreas de servicio en condominios, obras de infraestructura que van expuestas	Operario no especializado

Nivel 3	Pulido de juntas y llenado de ties. Dejando una superficie uniforme (picado si es necesario)	Sellador y pintura	Con una pulidora y disco de pulir concreto, se eliminan las juntas. Se llenan los ties con un mortero para acabado expuesto, que dé un color similar al muro. Lijado final general. En este acabado, es donde se considera necesario picar o nivelar imperfecciones causadas por la formaleta	Muros de mampostería expuesta, parqueos bajo techo y áreas de comunes en condominios, en casos donde se quiere dar el mismo acabado que a las paredes livianas y cielos	Operario especializado
----------------	--	--------------------	---	---	------------------------

CUADRO 11: Niveles de acabado para concreto expuesto (continuación)¹⁹					
	Descripción	Acabado	Procedimiento	Uso	Mano de obra requerida
Nivel 4	Lechada general para lograr un acabado uniforme en superficie y color, eliminando las burbujas e imperfecciones del concreto	Sellador transparente	Una vez que la superficie está nivelada y cuadrada, se aplica un mortero para acabado expuesto en todo el elemento. Lijado final	Fachadas, muros internos en apartamentos	Operario experto
Nivel 5	Cortar juntas, cortar ochavos, fingir perforaciones de tie	Sellador transparente	Habiendo uniformizado la textura y color del concreto, se hacen los cortes con una máquina sisadora o esmeriladora. Para esto hay que colocar guías de madera clavadas, por lo que es necesario reparar los huecos de los clavos antes de terminar el trabajo	Fachadas de edificios, muros internos en apartamentos de acabados lujo	Operario experto

Documento de uso exclusivo, desarrollado por Bilco Costa Rica S. A.

¹⁹ Desarrollado por BILCO Costa Rica S. A. *Manual para acabado concreto expuesto.*

Diseño del proceso administrativo

De acuerdo con las necesidades de Bilco Costa Rica S. A. y los objetivos de esta práctica supervisada, se hizo un análisis de la organización para diseñar un procedimiento administrativo que guíe al equipo de trabajo para utilizar este catálogo de tolerancias en contratos futuros de la empresa.

Se hizo un análisis de la organización con la intención de plasmar en este procedimiento el mismo comportamiento observado entre los miembros del equipo de trabajo, con el fin de no proponer cambios bruscos en el comportamiento de la organización.

Este procedimiento fue creado con la intención de que sea aplicado en todos los proyectos constructivos de Bilco Costa Rica S. A. Debe enfocarse en aquellas actividades que a criterio del gerente del proyecto sean críticas.

A continuación, se describen cuáles serían las responsabilidades de los miembros del equipo de trabajo en el procedimiento diseñado.

GERENTE DE PROYECTO

- a) Responsable de llevar a cabo una sesión de análisis para definir cuáles actividades deben tener tolerancias de construcción en el contrato como respaldo para la entrega. Esto basado en los planos y las especificaciones técnicas vigentes del proyecto.
- b) Revisar el alcance del proyecto para identificar si debe investigarse alguna actividad crítica que no se encuentre en la base de datos. Investigar la normativa existente para indicar esa tolerancia.

DIRECTOR DE PROYECTO

- a) Responsable de aprobar la tabla de tolerancias y los costos finales del proyecto.
- b) Facilitar los recursos necesarios para desarrollar el proyecto y la tabla como anexo al contrato.
- c) Asignará el gerente de proyecto, o en su defecto ocupará las responsabilidades de este, hasta su nombramiento.

DIRECTOR DE PRECONSTRUCCIÓN

- a) Responsable de llevar a cabo una sesión de análisis para asignar los costos que corresponden a las tolerancias asignadas.
- b) En caso de alguna contradicción, coordinar con los inspectores y el propietario para definir una tolerancia y su debido costo asociado, antes de presentar la oferta y firmar el contrato.

Las partes del procedimiento o procesos identificados son las siguientes:

IDENTIFICACIÓN DE TOLERANCIAS

El Departamento de Preconstrucción debe estudiar los planos y las especificaciones técnicas para identificar las tolerancias de construcción asociadas a las actividades que se consideran críticas. En caso de que el proyecto no tenga especificaciones técnicas (proyecto IPD, por ejemplo), las tolerancias y los criterios deben ser definidos por el Departamento de Preconstrucción de acuerdo con las expectativas, con el fin de proponerlas al cliente y que posteriormente las valide el gerente de proyecto.

CONSULTA A DISEÑADORES

Habiendo identificado carencias o incongruencias entre las tolerancias indicadas por los diseñadores, el Departamento de Preconstrucción debe consultarles cómo proceder. Los diseñadores deben preparar un documento de aclaración que será incorporado en el proceso siguiente.

PROPUESTA DE TOLERANCIAS

El gerente de proyecto comparte con el Departamento de Preconstrucción la responsabilidad de revisar y proponer tolerancias.

El gerente de proyecto asignado debe participar en el proceso de investigación y consulta a diseñadores, de forma que se mantenga estudiando las implicaciones que los cambios en las tolerancias van a tener sobre el proyecto.

PREPARAR LA TABLA DE TOLERANCIAS

El gerente de proyecto o en su ausencia el director asignado prepara la tabla de tolerancias revisando que no haya ninguna actividad crítica sin respaldar y al mismo tiempo asegurándose de que las tolerancias indicadas sean alcanzables constructivamente.

Es importante acotar que estos ingenieros gerentes de proyecto son quienes han tenido que enfrentar y resolver las disputas contractuales cuando las tolerancias no están claras en los documentos del contrato y el cliente solicita un grado mayor de acabado o una mayor precisión de instalación – construcción, por eso la importancia de que sean ellos mismos quienes generen la tabla.

INCORPORAR A LA OFERTA Y CONTRATO

El director de Preconstrucción prepara la oferta e incorpora la tabla de tolerancias que genera el gerente o el director, para que el documento completo sea revisado por el director del proyecto antes de enviarse al cliente.

El documento completo y un diagrama de flujo explicativo pueden observarse en la sección de anexos de este informe. Anexo 19.

Análisis de los resultados

Del proceso de entrevistas y sesiones de trabajo, se ha logrado adentrarse en los proyectos de Bilco Costa Rica, gracias a esta dinámica se ha podido identificar una serie de actividades críticas y de especial interés para la empresa, actividades que la empresa deseaba se evaluaran y estudiaran con la normativa referente a tolerancias de la construcción.

Estas actividades críticas son aquellas donde según el riesgo que representa su no aceptación por parte del cliente pueden generar un alto conflicto en la generación de sobrecostos, tiempo y planificación.

Durante las entrevistas con los gerentes de proyecto y directores de Bilco Costa Rica S. A., se logró no solo establecer la lista de actividades críticas, sino también ver la frecuencia de estas en problemáticas reportadas durante los proyectos previos, dando la oportunidad de evaluar cuáles de estas eran más críticas o frecuentes que las otras.

La duplicidad de actividades críticas en diferentes proyectos genera evidencia real sobre la presencia de una problemática consistente dentro de los contratos de construcción, de ahí la importancia y el interés de la compañía por buscar solución a la problemática.

La investigación bibliográfica arrojó un listado de documentos que pueden ser consultados para la elaboración de tablas de tolerancias para nuevos proyectos.

Dicha investigación evidenció una gran diferencia entre los documentos localizados de fuentes internacionales contra las nacionales. Básicamente toda la bibliografía encontrada es

de carácter internacional y tampoco existen documentos tropicalizados a la realidad constructiva del país.

A nivel nacional, no se logró identificar un documento normativo o reglamentación que busque estandarizar el tema de tolerancias de construcción ni otros documentos que den guía alguna sobre criterios de aceptación de obras. Dicha revisión se hizo dentro de las bibliotecas virtuales de la normativa de INTECO, ICCYC, CFIA y CCC.

A pesar de que en el ámbito nacional no existen normas relacionadas con el tema de tolerancias, las normas estadounidenses como las del ACI, ASTM, PCI son de uso normal en Costa Rica.

Las normas internacionales analizadas tienen un alcance amplio, abarcan procesos y actividades que no necesariamente son prácticas de uso en Costa Rica. Es por eso por lo que los usuarios de dichos documentos deben tenerlo en cuenta y realizar las consultas necesarias de manera muy detallada y dirigida a la tolerancia que se establecerá.

Es importante recalcar que para algunas actividades la tolerancia indicada dentro de estas normas corresponde a un rango permisible, lo cual refuerza el concepto de que las tolerancias también deben ser analizadas y especificadas para cada proyecto por un profesional con experiencia y criterio del tema.

Uno de los resultados que llama la atención dentro de la frecuencia de ocurrencia en las disputas de las recepciones corresponde a las estructuras de concreto expuesto.

A nivel internacional sí existe normativa que trata las tolerancias constructivas para este tipo de elementos y proceso constructivo. Sin embargo, dichos documentos no son de uso obligatorio ni

normado dentro del mercado costarricense de construcción.

Este hallazgo plantea una oportunidad para las instituciones (CFIA, CCyC, INTECO), empresas constructoras y diseñadores de revisar el tema más a profundidad, en especial por ser una práctica muy utilizada a nivel nacional.

Al comparar las normas ACI 347.3R “Guide to form concrete surfaces” del American Concrete Institute contra la norma alemana “Merkblatt Sichtbeton Deutscher Beton-und Bautechnik-Verein” que corresponde a “Manual del concreto expuesto” preparado por la Asociación de la Tecnología de la Construcción Alemana”, se puede decir que la alemana es mucho más rigurosa y exhaustiva que la estadounidense.

Estas normas plantean cuatro categorías de acabado tomando en cuenta varios factores presentes en el concreto expuesto, tales como color, textura de las juntas de la formaleta e irregularidades en la superficie como la porosidad. Los conceptos utilizados para establecer la tolerancia de aceptación entre los diferentes documentos son muy similares entre ellas.

Bilco Costa Rica ya se ha adelantado a establecer niveles de aceptación para el concreto expuesto.

La empresa generó un documento llamado “Niveles de acabado para concreto expuesto”, el cual fue suministrado para el presente proyecto. A pesar de que no tiene carácter de norma, funciona como criterio de aceptación, dado que hace una descripción del resultado esperado.

En reuniones con los ingenieros de Bilco Costa Rica S. A., se determinó que las demás actividades identificadas, como críticas relacionadas con la obra gris, están al alcance de las tecnologías constructivas practicadas por la empresa.

Dentro de la bibliografía internacional se destaca la norma ACI 117 como el documento normativo que más aporta al tema de tolerancias para estructuras de concreto.

Luego de la revisión de dichas tolerancias en conjunto con los ingenieros de Bilco Costa Rica, se considera que dichas desviaciones indicadas en este documento son adaptables a los procesos constructivos que la empresa desarrolla.

Para la sección de acabados, tampoco existe normativa nacional que indique tolerancias de construcción para realizar una aceptación de estas de manera objetiva y realista.

El documento “Manual de tolerancias para edificaciones” de la Cámara Chilena de la Construcción es muy amplio y claro en las tolerancias indicadas y hace referencia directa a la fuente de donde se obtuvieron.

Como se puede observar en las tablas de tolerancias generadas, se creó un cuadro para la fabricación y colocación de acero estructural (Cuadro 9). Dicha actividad no quedó plasmada dentro del listado de tareas críticas reportadas por los gerentes de proyecto; sin embargo, durante las sesiones con varios de ellos, indicaron que si bien no han tenido problemas con la inspección referente a este punto, consideraban un buen aporte establecer estos parámetros, ya que en el país se está viendo mayor incremento en las construcciones de edificaciones de acero.

En el caso del acero, las referencias más importantes son obtenidas del ASCE y ASW, ambas instituciones generan documentos que se usan frecuentemente en el país.

El procedimiento administrativo va a ayudar a Bilco Costa Rica a capacitar a su personal y a motivar el estudio de las especificaciones técnicas entre sus ingenieros.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- La implementación del catálogo de tolerancias es para Bilco Costa Rica S. A. un gran reto y ayudará a desarrollarse como una empresa verdaderamente experta en construcción y gestión de proyectos.
- El catálogo de tolerancias va a convertirse en una herramienta útil para ser incorporada dentro de los contratos.
- Conocer el contenido de la bibliografía relacionada con tolerancias le permitirá a Bilco Costa Rica S. A. afinar los procesos constructivos de acuerdo con el costo en presupuesto, lo cual facilita y mejora su estimación.
- En el ámbito nacional, hay un gran vacío de normas relacionadas con tolerancias de construcción y criterios de aceptación de obras.
- La iniciativa de generar tablas de tolerancias constructivas para los contratos de construcción va a reducir las disputas con los clientes.
- Las tolerancias deben ser analizadas y especificadas para cada proyecto por un profesional con experiencia y criterio del tema.
- Las tolerancias de construcción no se desarrollan adecuadamente por los especificadores técnicos, debido a que su valor práctico surge en los proyectos a la hora de entregar la obra, no así en la etapa de diseño.
- La forma en que Bilco Costa Rica S. A., logre implementar el tema de tolerancias le va a permitir abrir un proceso iterativo donde se interactúe entre el costo y la eficiencia de lo especificado, colocándose al frente en la línea de los nuevos proyectos IPD – BIM en el país. Dicha fortaleza debe reflejarse como una ventaja competitiva en el mercado nacional.
- Los resultados de este estudio evidencian una oportunidad para instituciones como CFIA, CCyC, INTECO, empresas constructoras y diseñadores para generar normativas nacionales que regulen los estándares de aceptación y las tolerancias constructivas de los proyectos.

Recomendaciones

- Para que la implementación de los insumos generados sea efectiva, es importante que la empresa impulse y capacite a su personal en el uso de la guía y su procedimiento.
- Se recomienda que Bilco Costa Rica S. A. realice revisiones periódicas de la bibliografía existente tanto a nivel nacional como internacional. Esto para llevar la guía y los requerimientos actualizados con las buenas prácticas internacionales.
- Se considera necesario que el procedimiento se evalúe y actualice cada vez que suceda una reestructuración dentro de la compañía.
- Se aconseja analizar los costos asociados por retrabajos debido a incongruencias en las tolerancias de construcción o criterios de aceptación para poder medir la efectividad de la herramienta y proponer opciones de mejora continua.

Limitaciones

- Lo investigado en esta práctica profesional no pretende convertirse en documento general para la industria de la construcción, sino más bien en un documento de respaldo técnico para los contratos de construcción de Bilco Costa Rica S. A. únicamente.
- Las tolerancias propuestas no son aplicables para todos los proyectos ni todos los procesos constructivos, estas deben revisarse y seleccionarse exclusivamente para cada proyecto.

Apéndices

- Apéndice 1 : Diagrama organización Bilco Costa Rica, julio 2020
- Apéndice 2 : Encuestas a gerentes de proyecto Bilco Costa Rica S. A.
- Apéndice 3 : Procedimiento para la elaboración del catálogo de tolerancias Bilco Costa Rica

APÉNDICE 1

Organigrama BILCO Costa Rica S.A.

Gerente General

Ing. Fernan Odio

Director Construcción

Ing. Mainor Alvarez

Torre ZENA

Gerente de Proyecto
Ing. Luis Granados

Director Construcción

Ing. JP de Mezerville

Torre Universal

Gerente de Proyecto
Ing. Arturo Monge

Escazu Village

Gerente de Proyecto
Ing. Fabrizio Coronado

Solaris

Gerente de Proyecto
Ing. Adrián Vasquez

Director Presupuesto

Ing. Jose Campos

Director Remodelaciones

Ing. Luis Barrantes

Oficinas CINDE

Ing. Pedro Abarca

Centro Corp C3

Gerente de Proyecto
Ing. Neferty Acon

Torre AE 104

Gerente de Proyecto
Ing. Gabriel Madrigal

Director Operaciones

Ing. Gustavo Corea

APÉNDICE 2

Encuestas a Gerentes de Proyecto y Directores

Entrevista : Evaluacion y lecciones aprendidas sobre Tolerancias de construcción en los proyectos de BILCO Costa Rica S.A.

Proyecto Responsable de todos los proyectos
Nombre: Ing. Jose Pablo de Mezerville M
Puesto en el proyecto Director de Construcción

1	En su proyecto, Cuales actividades considera usted tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto? Desde el punto de vista de tolerancias
	Entrepisos prefabricados, los niveles finales obtenidos
2	En algun caso, los inspectores han anticipado problemas de recepcion por considerar que lo construido no cumple con las expectativa? Cual actividad?
	Los pisos de porcelanato, en especial los de formato rectangular
3	En su proyecto anterior, Cuales actividades hubo que hacerle reparaciones o retrabajos para que fuera aceptado por los inspectores?
	Muros de concreto en fachadas, siempre los inspectores solicitan mejoras en el concreto expuesto
4	Historiacamente en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? Cuales?
	Los sistemas de ventanería de aluminio, hemos tenido problemas en proyectos anteriores
5	En su proyecto se ha utilizado el contrato como proteccion ante una discusion con los inspectores? Cual actividad especifica?
	Importacion de materiales para pisos marmol
6	En su proyecto se ha utilizado las especificaciones tecnicas y los planos como proteccion ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? Cual actividad?
	En ninguna
7	En cuales actividades no se indican tolerancias o criterios de aceptacion, en las especificaciones tecnicas o planos?
	Entrepisos postensados, esto es nuevo en el pais, las especificaciones no son claras
8	Hay actividades en su proyecto que no estan alineado entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
	El acabado del concreto expuesto en general, siempre hacemos mas de lo presupuestado
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. Cuales?
	Muros de concreto en fachadas, para evitar quejas

Entrevista : Evaluacion y lecciones aprendidas sobre Tolerancias de construcción en los proyectos de BILCO Costa Rica S.A.

Proyecto Torre Universal (TUN)
 Nombre: Ing. Arturo Monge J
 Puesto en el proyecto Gerente de Proyecto

1	En su proyecto, Cuales actividades considera usted tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto? Desde el punto de vista de tolerancias
	Los niveles finales que se van a obtener de las losas de concreto postensado, en entrepisos
2	En algun caso, los inspectores han anticipado problemas de recepcion por considerar que lo construido no cumple con las expectativa? Cual actividad?
	Los niveles de los contrapisos en parqueos
3	En su proyecto anterior, Cuales actividades hubo que hacerle reparaciones o retrabajos para que fuera aceptado por los inspectores?
	En entrepisos prefabricados hemos tenido que hacer nivelaciones para lograr que nos acepten la obra
4	Historiacamente en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? Cuales?
	Relleno de juntas de contrapiso
5	En su proyecto se ha utilizado el contrato como proteccion ante una discusion con los inspectores? Cual actividad especifica?
	En los plomos obtenidos en columnas y muros internos
6	En su proyecto se ha utilizado las especificaciones tecnicas y los planos como proteccion ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? Cual actividad?
	Excavaciones en roca, cuando aparecen rocas en los movimientos de tierra
7	En cuales actividades no se indican tolerancias o criterios de aceptacion, en las especificaciones tecnicas o planos?
	Ventanería, tipo muro cortina
8	Hay actividades en su proyecto que no estan alineado entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
	Los resanes y acabados del concreto expuesto
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. Cuales?
	Los resanes y acabados del concreto expuesto

Entrevista : Evaluacion y lecciones aprendidas sobre Tolerancias de construcción en los proyectos de BILCO Costa Rica S.A.

Proyecto Escazu Village , Torre B
Nombre: Ing. Fabrizio Coronado D
Puesto en el proyecto Gerente de Proyecto

1	En su proyecto, Cuales actividades considera usted tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto? Desde el punto de vista de tolerancias
	Cielos de madera especiales que van en las areas comunes
2	En algun caso, los inspectores han anticipado problemas de recepcion por considerar que lo construido no cumple con las expectativa? Cual actividad?
	El acabado en los pasamanos de metal en escaleras de emergencia
3	En su proyecto anterior, Cuales actividades hubo que hacerle reparaciones o retrabajos para que fuera aceptado por los inspectores?
	En la ventaneria siempre hay que pmtar rayones o incluso cambiar piezas aluminio o vidrios por rayones pequeños
4	Historiacamente en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? Cuales?
	Los acabados que se le aplican al concreto expuesto siempre son un tema en el que los inspectores se enfocan
5	En su proyecto se ha utilizado el contrato como proteccion ante una discusion con los inspectores? Cual actividad especifica?
	Ninguna
6	En su proyecto se ha utilizado las especificaciones tecnicas y los planos como proteccion ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? Cual actividad?
	Ninguna
7	En cuales actividades no se indican tolerancias o criterios de aceptacion, en las especificaciones tecnicas o planos?
	En los contrapisos no se indica cuales deben ser los niveles finales para que sea recibida la calidad.
8	Hay actividades en su proyecto que no estan alineado entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
	La formaleta que se esta utilizando para los muros internos, para lograr una mejor calidad
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. Cuales?
	En los entrepisos prefabricados se ha tenido que hacer nivelacioens

Entrevista : Evaluacion y lecciones aprendidas sobre Tolerancias de construcción en los proyectos de BILCO Costa Rica S.A.

Proyecto Residencial Solaris, Torre Fuego
Nombre: Ing. Adrian Vasquez
Puesto en el proyecto Gerente de Proyecto

1	En su proyecto, Cuales actividades considera usted tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto? Desde el punto de vista de tolerancias
	Los acabados en el concreto expuesto, por el tipo de formaleta seleccionada y el diseño especial solicitado
2	En algun caso, los inspectores han anticipado problemas de recepcion por considerar que lo construido no cumple con las expectativa? Cual actividad?
	Por el nivel de acabado de las paredes de gypsum,
3	En su proyecto anterior, Cuales actividades hubo que hacerle reparaciones o retrabajos para que fuera aceptado por los inspectores?
	A los repellos por problemas de desprendimiento
4	Historicamente en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? Cuales?
	En otros proyectos he tenido que nivelar las losas de los entrepisos prefabricados
5	En su proyecto se ha utilizado el contrato como proteccion ante una discusion con los inspectores? Cual actividad especifica?
	Ninguna
6	En su proyecto se ha utilizado las especificaciones tecnicas y los planos como proteccion ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? Cual actividad?
	Ninguna
7	En cuales actividades no se indican tolerancias o criterios de aceptacion, en las especificaciones tecnicas o planos?
	Los niveles de los contrapisos en los parqueos no se indican claramente
8	Hay actividades en su proyecto que no estan alineado entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
	Los enchapes de muro tipo guanacaste
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. Cuales?
	En los muros internos, cambiando la fornaleta por una mejor

Entrevista : Evaluacion y lecciones aprendidas sobre Tolerancias de construcción en los proyectos de BILCO Costa Rica S.A.

Proyecto Oficinas WeWork
 Nombre: Ing. Nefery Acon
 Puesto en el proyecto Gerente de Proyecto

1	En su proyecto, Cuales actividades considera usted tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto? Desde el punto de vista de tolerancias
	Por las deflexiones que nos da la formaleta en las columnas y muros internos
2	En algun caso, los inspectores han anticipado problemas de recepcion por considerar que lo construido no cumple con las expectativa? Cual actividad?
	Por las uniones y contraflechas en las vigas prefabricadas
3	En su proyecto anterior, Cuales actividades hubo que hacerle reparaciones o retrabajos para que fuera aceptado por los inspectores?
	hubo que hacer nivelaciones a los entrepisos prefabricados para mejorar los niveles
4	Historiacamente en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? Cuales?
	La ventaneria siempre es revisada en forma mas estricta de lo permitido
5	En su proyecto se ha utilizado el contrato como proteccion ante una discusion con los inspectores? Cual actividad especifica?
	Ninguna
6	En su proyecto se ha utilizado las especificaciones tecnicas y los planos como proteccion ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? Cual actividad?
	Ninguna
7	En cuales actividades no se indican tolerancias o criterios de aceptacion, en las especificaciones tecnicas o planos?
	En los entrepisos postensados no se indica cuales nivel de planicidad es el apto para instalar porcelnato
8	Hay actividades en su proyecto que no estan alineado entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
	Los acabados del concreto expuesto siempre salen mas caro de lo presupuestado
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. Cuales?
	Aumentado la resistencia del concreto para acelerar la fragua

Entrevista : Evaluacion y lecciones aprendidas sobre Tolerancias de construcción en los proyectos de BILCO Costa Rica S.A.

Proyecto Torre Medica AE104
 Nombre: Ing. Gabriel Madrigal
 Puesto en el proyecto Gerente de Proyecto

1	En su proyecto, Cuales actividades considera usted tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto? Desde el punto de vista de tolerancias
	El acabado final en los cielos y paredes de gypsum
2	En algun caso, los inspectores han anticipado problemas de recepcion por considerar que lo construido no cumple con las expectativa? Cual actividad?
	Verticalidad de los muros de fachada, siempre tenemos desplomes
3	En su proyecto anterior, Cuales actividades hubo que hacerle reparaciones o retrabajos para que fuera aceptado por los inspectores?
	A las juntas mecanicas que van dentro de los contrapisos
4	Historiacamente en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? Cuales?
	la ventaneria de aluminio siempre es revisada estrictamente
5	En su proyecto se ha utilizado el contrato como proteccion ante una discusion con los inspectores? Cual actividad especifica?
	Ninguno
6	En su proyecto se ha utilizado las especificaciones tecnicas y los planos como proteccion ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? Cual actividad?
	Ninguno
7	En cuales actividades no se indican tolerancias o criterios de aceptacion, en las especificaciones tecnicas o planos?
	En los entresijos postensados no se indica cuales debe ser la planicidad esperados
8	Hay actividades en su proyecto que no estan alineado entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
	La pintura de parqueos, estamos excediendo el presupuesto
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. Cuales?
	Aumentando los espesores de lamina , y asde la cubierta te techo.

Entrevista : Evaluacion y lecciones aprendidas sobre Tolerancias de construcción en los proyectos de BILCO Costa Rica S.A.

Proyecto Responsable proyectos remodelaciones
Nombre: Ing. Luis Barrantes Z
Puesto en el proyecto Director de Remodelaciones

1	En su proyecto, Cuales actividades considera usted tendrán problemas para la entrega con los inspectores al final del proyecto? Desde el punto de vista de tolerancias
	Ventanería, debido a las exigencias de los inspectores
2	En algun caso, los inspectores han anticipado problemas de recepcion por considerar que lo construido no cumple con las expectativa? Cual actividad?
	Por diferencias en la instalacion de los pisos de porcelanato
3	En su proyecto anterior, Cuales actividades hubo que hacerle reparaciones o retrabajos para que fuera aceptado por los inspectores?
	Hacer el acabado de los cielos de gypsum
4	Historiacamente en otros proyectos, ha tenido otras actividades que han presentado problemas de entrega? Cuales?
	Niveles de entepisos prefabricados, normalmente tenemos que
5	En su proyecto se ha utilizado el contrato como proteccion ante una discusion con los inspectores? Cual actividad especifica?
	Ninguna
6	En su proyecto se ha utilizado las especificaciones tecnicas y los planos como proteccion ante una discrepancia de tolerancias con los inspectores? Cual actividad?
	Ninguna
7	En cuales actividades no se indican tolerancias o criterios de aceptacion, en las especificaciones tecnicas o planos?
	NO se indica niveles o planicidad para el contrapiso
8	Hay actividades en su proyecto que no estan alineado entre el costo de presupuesto y tolerancia de construcción?
	Niveles de entepisos postensados
9	Hay actividades en las cuales se ha tenido que aumentar la calidad, superando el presupuesto para cumplir con las expectativas del cliente. Cuales?
	Ninguna

APÉNDICE 3

Procedimiento interno para elaboración de catalogo de tolerancias Bilco Costa Rica S.A.

Descripción: Procedimiento elaboración de Catalogo de Tolerancias para contratos			001-01-023-20			
Código Uniformat:	na					
Descripción Uniformat:	na					
Persona de Contacto:		Javier Vega Herrera /Gerente de Proyecto		Clasificación:	Acabados	
Versión: 1.0		Fecha de creación: 04-JUN-2020	Fecha de modificación:	Palabras Claves:	Tolerancias	

ELABORACION DE CATALOGO DE TOLERANCIAS PARA CONTRATOS

PROPOSITO

Este instructivo sirve como una guía para la elaboración de las tablas de tolerancias y criterios de aceptación de aquellas actividades que deben ser respaldas en el contrato, para que sirvan como referencia durante la recepción definitiva de la obra. Esta tabla se convierte en una herramienta de trabajo que permita definir en el Contrato las Tolerancias de Construcción del proyecto, aclarándolo con los Inspectores y el Propietario, como fueron consideradas dichas actividades en el presupuesto y el cronograma, las actividades críticas identificadas del proyecto.

Esto para poder definir en conjunto cualquier cambio que sea necesario antes de iniciar con la ejecución de dichas actividades.

ALCANCE

Este instructivo debería aplicarse para todos los proyectos constructivos de Bilco Costa Rica SA, enfocándose en aquellas actividades que, a criterio del Gerente del Proyecto – Director del Proyecto, van a convertirse en un tema de conversación y/o negociación con el Propietario y los Inspectores a la hora de la entrega del proyecto.

Informar el Propietario y la Inspección cuales fueron las tolerancias y criterios seleccionados para el proyecto mediante la presentación de La tabla de Tolerancias en la Oferta y el Contrato es el principal objetivo de este proceso.

En caso de que los Inspectores hayan incluido en los planos y/o en las especificaciones técnicas del proyecto algunas tolerancias que consideremos no corresponde, El departamento de Pre – Construcción de consultar por escrito para definir si debe cambiarse la tolerancia considerada.

ROLES Y RESPONSABILIDADES

Roles	Responsabilidades
Gerente de Proyecto	- Responsable de llevar a cabo una sesión de análisis para definir cuales actividades deben tener tolerancias de construcción en el contrato como respaldo para la entrega. Esto basado en los planos y especificaciones técnicas vigentes del proyecto. - Revisar el alcance del proyecto para indentificar si debe investigarse alguna actividad crítica que no se encuentre en la base de datos. Investigar la normativa existente para indicar esa tolerancia.
Director de Proyecto	- Responsable de aprobar la tabla de tolerancias y los costos finales del proyecto. - Facilitar los recursos necesarios para desarrollar el proyecto y la Tabla como anexo al contrato - Si es posible asignará el Gerente de proyecto, en su defecto ocupará las responsabilidades de éste, hasta su nombramiento.
Director Pre – Construcción	- Responsable de llevar a cabo una sesión de análisis para asignar los costos que corresponden a las tolerancias asignadas - En caso de alguna contradicción, coordinar con los inspectores y el Propietario para definir una tolerancia y su debido costo asociado, antes de presentar la oferta y firmar el contrato.

Descripción: Procedimiento elaboración de Catalogo de Tolerancias para contratos			001-01-023-20	
Código Unifomat:	na			
Descripción Unifomat:	na			
Persona de Contacto:	Javier Vega Herrera /Gerente de Proyecto		Clasificación:	Acabados
Versión: 1.0	Fecha de creación: 04-JUN-2020	Fecha de modificación:	Palabras Claves:	Tolerancias

DEFINICIONES

Termino o frase	Descripción
Tolerancia	El rango de conformidad para una actividad constructiva, esta debe ser medible, debe tener unidades de medida y debe ser medida en campo.
Criterio de aceptación	Criterio cuantificable emitido por un inspector, que determina si una actividad se da por aceptada o rechazada. Esto puede darse en conjunto con o sin una tolerancia.
Tabla	El producto final que se incorpora en la oferta y por lo tanto en el contrato
Base de datos	Grupo de normas internacionales y su interpretación para las actividades críticas – básicas que normalmente afectan los proyectos
Actividad Crítica	Actividad o línea de presupuesto en donde el Propietario y los Inspectores emiten criterios aleatorios (no acorde con el contrato y el presupuesto) para dar por recibida o rechazada dicha actividad.

PROCEDIMIENTO

IDENTIFICACIÓN DE TOLERANCIAS

El departamento de Pre-Construcción debe estudiar los planos y las especificaciones técnicas para identificar las tolerancias de construcción asociadas a las actividades que se consideran críticas. En caso de que el proyecto no tenga especificaciones técnicas (proyecto IPD por ejemplo), las tolerancias y criterios deben de ser definidas por el Departamento de Pre-Construcción de acuerdo con las expectativas

CONSULTA A DISEÑADORES

Habiendo identificado carencias o incongruencias entre las Tolerancias indicadas por los diseñadores, El departamento de Pre-Construcción debe consultarles como proceder. Los Diseñadores van a preparar un documento de aclaración que será incorporado en el proceso siguiente

PROPUESTA DE TOLERANCIAS

El Gerente de Proyecto comparte la responsabilidad con el Departamento de Pre – Construcción para revisar y proponer Tolerancias.

El Gerente de Proyecto asignado debe participar en el proceso de investigación y consulta a diseñadores, de forma que se mantenga estudiando las implicaciones que los cambios en las tolerancias van a tener sobre el proyecto.

PREPARAR LA TABLA DE TOLERANCIAS

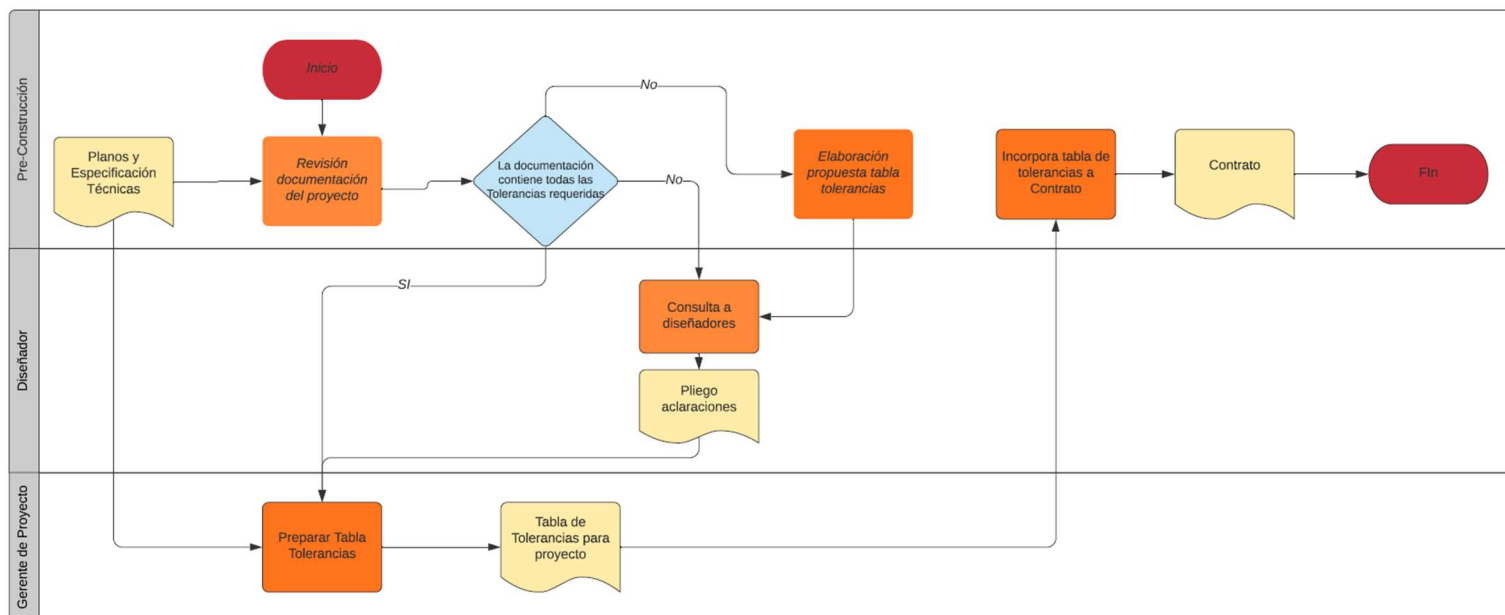
El Gerente de Proyecto o Director asignado prepara la tabla de Tolerancias revisando que no haya ninguna actividad crítica sin respaldar y al mismo tiempo asegurándose que las tolerancias indicadas sean alcanzables constructivamente.

INCORPORAR A LA OFERTA Y CONTRATO

El Director de Pre Construcción prepara la oferta e incorpora la Tabla de Tolerancias para que el documento completo sea revisado por El Director del proyecto antes de enviarse al Cliente.

Descripción: Procedimiento elaboración de Catalogo de Tolerancias para contratos			001-01-023-20			
Código Uniformat:	na					
Descripción Uniformat:	na					
Persona de Contacto:		Javier Vega Herrera /Gerente de Proyecto		Clasificación:	Acabados	
Versión: 1.0		Fecha de creación: 04-JUN-2020	Fecha de modificación:	Palabras Claves:	Tolerancias	

DIAGRAMA DE FLUJO



Anexos

- Anexo 1 : ACI 117. Capítulo 4.1.2, versión 2006, referencia tolerancia plomo columnas.
- Anexo 2 : ACI 117. Capítulo 4.8.3, versión 2006, tolerancias entre juntas según clase de piso.
- Anexo 3 : ACI 117. Capítulo 5.1.3, versión 2006, tolerancias en la fabricación de elementos prefabricados.
- Anexo 4 : ACI 117. Capítulo 4.5.3 y 4.5.4, versión 2006, tolerancias en espesores de losas.
- Anexo 5 : ACI 117. Capítulo 5.3.1, versión 2006, tolerancias en la instalación de elementos prefabricados.
- Anexo 6 : ACI 117. Capítulo 4.2.2, versión 2006, tolerancias de ubicación vertical elementos colados en sitio.
- Anexo 7 : ACI 117. Capítulo 4.2.1, versión 2006, tolerancias de ubicación horizontal elementos colados en sitio.
- Anexo 8 : ACI 117. Capítulo 4.8.4, versión 2006, tolerancia en la superficie de pisos.
- Anexo 9 : Tolerance for concrete surfaces; Cement concrete and aggregate Australia – Publicación referencia ACI 117, 2018, Correlación entre ASTM E1155 y ACI 117.
- Anexo 10 : The Floor Flatness Report; Marka Cheek – Publicación referencia ASTM E1155, 2011, Valores de FF y FL según las clases del ACI 308.
- Anexo 11 : ACI 302. Capítulo 8, 2004, tolerancias en la colocación de pisos.
- Anexo 12 : Especificaciones generales; FSA – Respaldo norma ASTM A6, 2015, tolerancias en la colocación de elementos de acero estructural.
- Anexo 13 : Manual de tolerancias para edificaciones; Cámara Chilena de la Construcción. Capítulo paredes livianas, 2018, tolerancias en la construcción de paredes livianas
- Anexo 14 : Manual de tolerancias para edificaciones; Cámara Chilena de la Construcción. Capítulo ventanería, 2018, tolerancias en la construcción de sistemas de ventanería.
- Anexo 15 : Manual de diseño PCI, capítulo 13.2.8, séptima edición, tolerancias en contraflechas de losas prefabricadas y pretensadas.

ANEXO 1

ACI 117. Capítulo 4.1.2

SPECIFICATION

4.1.2 For heights greater than 83 ft 4 in.

For lines, surfaces corners, arrises, and elements: the lesser of 0.1% times the height above the top of foundations or lowest support level as shown on Project Drawings or ±6 in. This section shall not be used to evaluate local departure from a specified plane or form irregularities. Refer to Section 4.8.2 and 4.8.3, respectively.

For the outside corner of an exposed corner columns and contraction joint grooves in concrete exposed to view: the lesser of 0.05% times the height above the top of foundations or lowest support level as shown on Project Drawings or 3 in. This section shall not be used to evaluate local departure from a specified plane or form irregularities. Refer to Section 4.8.2 and 4.8.3, respectively.

4.1.3 Vertical edges of openings larger than 12 in., measured over the full height of the opening..... ±1/2 in.

COMMENTARY

R4.1.2 From 83 ft 4 in. to 500 ft above the top of foundation, the tolerance for plumb is 1/1000 (0.1%) times the height. The maximum tolerance is 6 in. at heights more than 500 ft above the top of foundation of the structure. The structure and exterior cladding should not extend beyond legal boundaries established by the Contract Documents. Refer to Fig. R4.1.2(a) and (b).

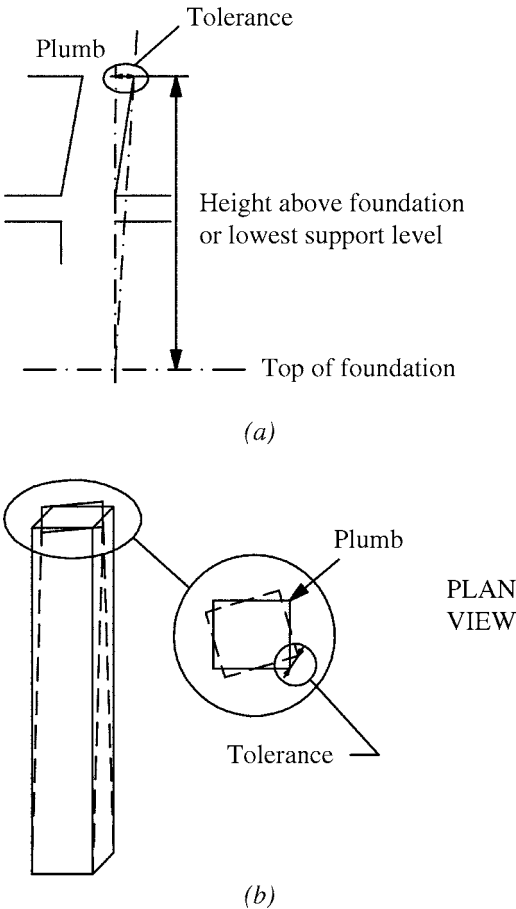


Fig. R4.1.2—Deviation from plumb.

R4.1.3 The plumb tolerance for edges of openings larger than 12 in. is established by this section. Refer to Fig. R4.1.3.

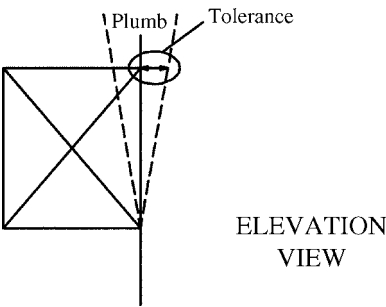


Fig. R4.1.3—Deviation from plumb.

ANEXO 2

ACI 117. Capítulo 4.8.3

SPECIFICATION

- 4.8.2 Formed surfaces over distances of 10 ft**
All conditions, unless noted otherwise in this section
.....±0.3%
- Outside corner of exposed corner column±0.2%
- Contraction joint grooves in exposed concrete...±0.2%

4.8.3 Formed surface irregularities (gradual or abrupt)

- Abrupt irregularities shall be measured within 1 in. of the irregularity. Gradual surface irregularities shall be measured by determining the gap between concrete and near surface of a 5 ft straightedge, measured between contact points.
- Class A Surface +1/8 in.
- Class B Surface +1/4 in.
- Class C Surface +1/2 in.
- Class D Surface +1 in.

- 4.8.4 Random traffic floor surface finish tolerances** shall meet the requirements of Section 4.8.5 or 4.8.6, as specified in the Contract Documents.
- 4.8.4.1** A specified overall area is the entire floor surface specified to conform to a particular surface classification.
- 4.8.4.2** The surface classification of all floors shall be specified in the Contract Documents.
- 4.8.4.3** Each individual slab placement shall constitute a separate test surface.

COMMENTARY

- R4.8.2** This is one of several paragraphs that address the proper location of formed surfaces. Local departure of the formed surface from the specified slope or plane is addressed in this section. A departure of 0.3% is approximately 3/8 in. over a distance of 10 ft. Tolerances are based on a 10 ft measured length. Interpolation or extrapolation of tolerances for dimensions greater than or less than 10 ft are not permitted. Other sections, such as Sections 4.1 and 4.4.2, establish a global tolerance for elements.
- R4.8.3** Specifiers should anticipate local irregularities in formed surfaces. The purpose of establishing different classes of surface is to define the magnitude of irregularities in a manner that is consistent with the exposure of the concrete when in service. As stated in Section R4.4.3, the term “exposed concrete” is used as defined in *ACI Concrete Terminology*. Exposed Concrete is addressed in the Mandatory Requirements Checklist, Section 1.1.2. The Specifier should also anticipate abrupt transitions at the surface of members where segmental steel void forms are used to form floor framing members. The Specifier should refer to the Mandatory Requirements Checklist.
- R4.8.4** The purpose of establishing floor surface tolerances is to define surface characteristics that are of importance to those who will be using the surface. The two surface characteristics thought to be of greatest importance for concrete floors are flatness and levelness. Flatness can be described as bumpiness of the floor, and is the degree to which a floor surface is smooth or plane. Levelness is the degree to which a floor surface parallels the slope established on the project drawings. Two methods are identified for use in the evaluation of floor surface finish tolerances. The F-Number System uses data taken at regular intervals along lines located in random locations on the test surface. The described methods use different criteria to evaluate the as-constructed data. Therefore, it is important that the Specifier select the method most applicable to the end user of the floor. The Waviness Index may be used instead of the two methods identified in Sections 4.8.5 and 4.8.6 by specifying parameters established in the Optional Checklist. Before contracting to build to any floor tolerance specification, it is suggested the constructor evaluate data from tests of its own floors. Data should be processed using the proposed floor tolerance specification to confirm an understanding of the specific approach and its implications on proposed construction means and methods. Specifiers may require the constructor to demonstrate proven ability by testing an existing floor slab installed by the constructor.

Each of the methods described herein will yield a slightly different result. Each of the described approaches uses a different method to evaluate flatness. The F-Number System

ANEXO 3

ACI 117. Capítulo 4.5.3 y 4.5.4

SPECIFICATION

5.1.3 <i>Pilasters, pedestals, and columns</i>	+1/4 in.
.....	−3/4 in.
5.1.4 <i>Individual corbels</i>	+1/4 in.
.....	−1/2 in.
5.1.5 <i>Continuous ledges</i>	+1/4 in.
.....	−1/2 in.
5.1.6 <i>Walls</i>	+1/4 in.
.....	−3/4 in.
5.1.7 <i>Embedded fabricated bearing surface assemblies</i>	+1/4 in.
.....	−1/2 in.
5.1.8 <i>Grout-filled steel sleeve splice</i>	±1/2 in.
5.1.8.1 Top of embedded dowel	±1/2 in.
5.1.8.2 Top of embedded sleeve	+1 in.
.....	−1/4 in.
5.1.9 <i>Anchor bolts</i>	refer to Section 2.3.4
5.1.10 <i>Embedded plates</i>	±1 in.
5.1.11 <i>Inserts and assemblies with inserts</i>	±1/2 in.
5.1.12 <i>Embedded items flush with unformed concrete surface except grout-filled sleeves</i>	±1/2 in.

COMMENTARY

R5.1.3 *Pilasters, pedestals, and columns*—Refer to Fig. R5.1.3.

R5.1.4 and R5.1.5 *Individual corbels and continuous ledges*—Refer to Fig. R5.1.4 and R5.1.5.

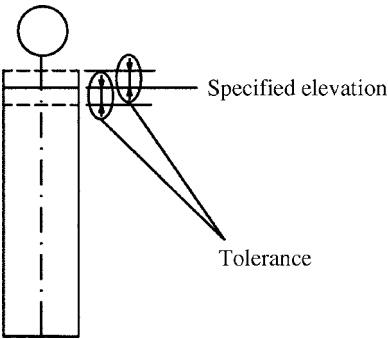


Fig. R5.1.3—Pilasters, pedestals, and columns: elevation view.

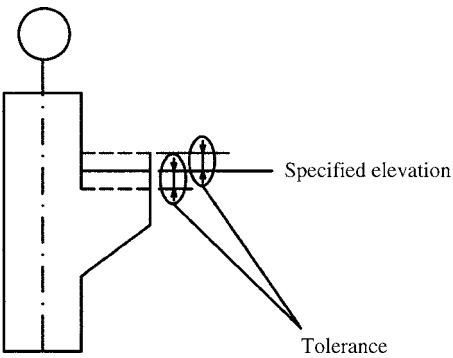


Fig. R5.1.4 and R5.1.5—Individual corbels or continuous ledges: elevation view.

ANEXO 4
ACI 117. Capítulo 5.3.1

SPECIFICATION

4.5.3 Thickness of suspended slabs –1/4 in.

4.5.3.1 Samples for slab thickness, when taken, shall conform to the requirements of Sections 4.5.4.1 through 4.5.4.6.

4.5.4 Thickness of slabs-on-ground

Average of all samples –3/8 in.

Individual sample –3/4 in.

4.5.4.1 Minimum number of slab thickness samples, when taken, shall be four (4) for each 5000 ft² or part thereof.

4.5.4.2 Samples shall be taken within seven (7) days of placement.

4.5.4.3 Samples shall be randomly located over the test area and shall be taken by coring of the slab or by using an impact-echo device.

4.5.4.3.1 Where concrete core samples are taken, the length of each core sample shall be determined using ASTM C174/C174M.

4.5.4.3.2 An impact-echo device, when used, shall be calibrated using a minimum of three random locations within the test area where the actual concrete thickness is known. The impact-echo test shall be conducted in accordance with ASTM C1383.

COMMENTARY

R4.5.3 Suspended (elevated) slabs require only that a tolerance for elevation and cross-sectional dimension be established. Thickness of suspended slabs is of primary concern because insurance carriers establish a fire rating of the structure, depending on the occupancy. The fire rating is derived in part from the insulating properties of concrete and the thickness of the concrete slab. Achieving the minimum period of fire separation between floors depends in part on achieving a minimum thickness. Variations in the elevation of erected steel or precast concrete and in deflections of the supporting metal deck and frame under weight of concrete often make it necessary to provide additional slab thickness in local areas where the intent is to produce a relatively level slab. Care should be taken to ensure that providing additional concrete in local areas does not overload the supporting formwork or metal deck. Significant increase to slab thickness can have a negative impact on structural performance.

R4.5.4 Specifiers should anticipate localized occurrences of reduced thickness for slabs-on-ground. The slab-on-ground thickness tolerance has been set with respect to both average thickness for all the samples measured and a minimum thickness for individual samples.

Where the Specifier determines requirements of this section are inadequate for a particular application, the Specifier should incorporate within the Project Specifications specific sampling procedures and acceptance criteria for all elements impacting thickness of slabs-on-ground (Sections R4.4.1, R4.4.5, and R4.5.4). In such an instance, consideration might be given to statistical control of the subgrade, elevation of the concrete surface, and slab thickness.

R4.5.4.1 Thickness samples are sometimes taken in combination with other testing, and the information gathered from that testing is valid for information purposes. Thickness samples taken for purposes of evaluating the slab with respect to tolerances in this specification, however, must meet the requirements of this section.

R4.5.4.2 Sampling after the specified 7-day period will not adversely affect the measured values; however, it may affect the ability to take corrective action.

R4.5.4.3 ACI 228.2R contains a discussion of the advantages and limitations of the various test methods. A short-pulse radar device can also provide slab thickness data. The precision of this method may require that a larger number of samples be taken to provide the same degree of reliability as the methods identified in this section. Proper use of the equipment requires calibration as established in ASTM D4748 and data collection in accordance with the provisions of ASTM D4748 using a non-contact horn antenna.

ANEXO 5

ACI 117. Capítulo 4.2.2

SPECIFICATION

5.3—Deviation from dimension—
cast-in-place concrete

5.3.1 Specified length

- 5.3.1.1 Projection of individual corbels and continuous ledges from face of support $\pm 3/8$ in.
- 5.3.1.2 Walls or beams where precast members abut both ends -1 in.
..... +1/2 in.
- 5.3.1.3 Steel sleeve for grout-filled steel sleeve splice -1/4 in.

5.3.2 Specified width

- 5.3.2.1 Individual corbels $\pm 3/8$ in.
- 5.3.2.2 Walls, where specified width is 12 in. or less +3/8 in.
..... -1/4 in.

More than 12 in. but not more than 36 in. +1/2 in.
..... -3/8 in.

More than 36 in. +1 in.
..... -3/4 in.
- 5.3.2.3 Exposed vertical exterior joint with a precast panel
 - 5.3.2.3.1 Up to $\pm 1/3$ of the joint width and not to exceed $\pm 1/2$ in.
 - 5.3.2.3.2 Variation in width over any 10 ft portion of the joint length or the full length if less than 10 ft $\pm 1/2$ in.

COMMENTARY

5.3—Deviation from dimension—
cast-in-place concrete

- R5.3.1.1 Projection of individual corbels and continuous ledges from face of support—Refer to Fig. R5.3.1.1(a) and (b).
- R5.3.2.1 Individual corbels—Refer to Fig. R5.3.2.1.

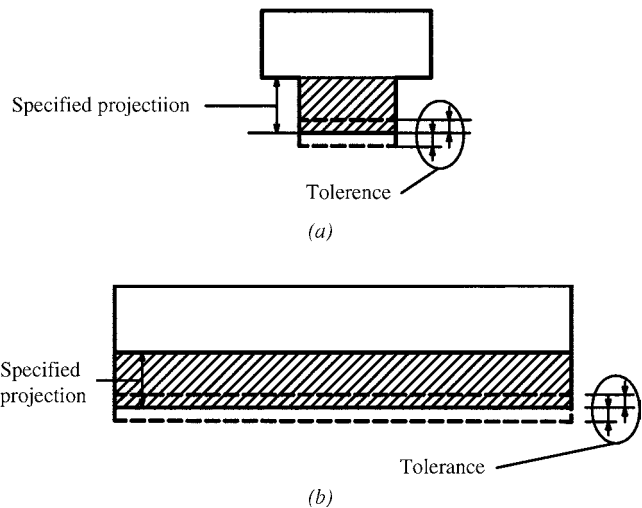


Fig. R5.3.1.1—Projection of individual corbel and continuous ledges: plan view.

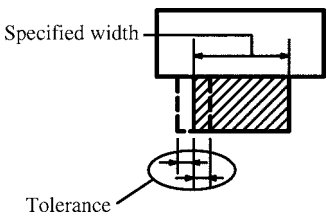


Fig. R5.3.2.1—Width of individual corbel: plan view.

ANEXO 6

ACI 117. Capítulo 4.2.1

SPECIFICATION

4.2.2 Vertical deviation

Elements	±1 in.
Edge location of all openings	±1/2 in.

COMMENTARY

R4.2.2 Vertical deviation is also defined in Section 1.3. The tolerance for vertical deviation would apply to the location of items such as the horizontal edges of a wall or column opening. The tolerance for vertical deviation would also apply to items such as the horizontal edges of openings in walls, beams, or columns. Refer to Fig. R4.2.2(a) and (b).

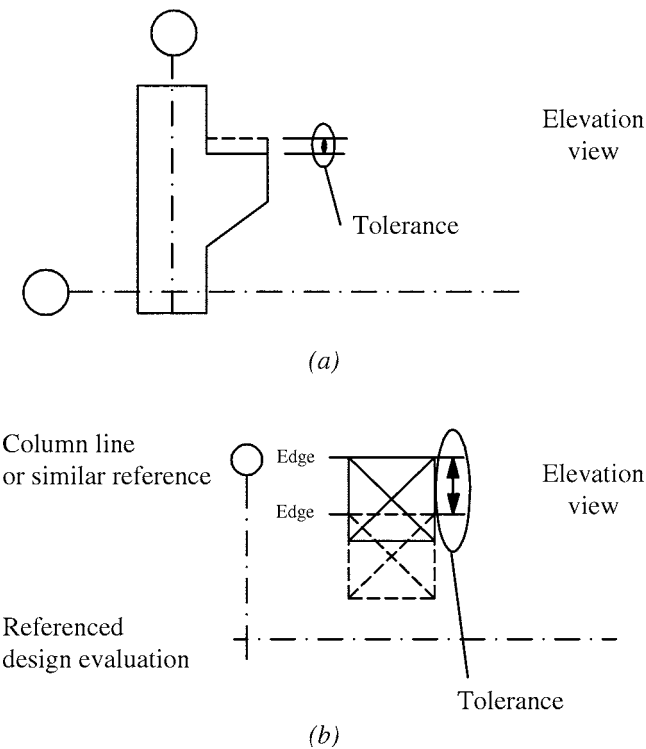


Fig. R4.2.2—Vertical deviation.

4.3—Not used

4.4—Deviation from elevation

4.4.1 Top surface of slabs

Slabs-on-ground	±3/4 in.
Formed suspended slabs, before removal of supporting shores	±3/4 in.
Slabs on structural steel or precast concrete	no requirement

R4.4—Deviation from elevation

R4.4.1 The top elevation for slabs on structural steel or precast concrete will be determined by elevation of the supporting steel or precast concrete, plus or minus variations in slab thickness, as specified in Section 4.5.3. In situations where this procedure may result in unsatisfactory slab elevations (for example, unshored beams that deflect or supporting steel or precast set with large deviations from specified elevation), the Architect/Engineer should specify, or the contractors involved should agree on, a satisfactory procedure. The concrete flooring contractor cannot control elevations of steel or precast concrete members upon which concrete slabs are cast. In the instance of slabs cast on metal deck, there is also a practical limitation on the increase of slab thickness to accommodate differential elevations or deflections. If the Specifier requires the concrete slab to be placed level on deflecting or cambered supporting steel or precast, the plus tolerance is likely to be exceeded.

ANEXO 7

ACI 117. Capítulo 4.1.2

SPECIFICATION

4.2—Deviation from location**4.2.1 Horizontal deviation**

Vertical elements, measured at the top of element
foundation or lowest support level ± 1 in.

Other elements ± 1 in.

Edge location of all openings $\pm 1/2$ in.

Sawcuts, joints, and weakened plane embedments in
slabs $\pm 3/4$ in.

COMMENTARY

R4.2—Deviation from location

R4.2.1 Horizontal deviation is defined in Section 1.3. The tolerance for horizontal deviation would apply to the plan location of items such as the vertical edge of a floor opening or of a wall, beam, or column. The tolerance for horizontal deviation would also apply to items such as the vertical edges of openings in walls, beams, or columns. Refer to Fig. R4.2.1(a) to (c). The tolerance on sawcut location is driven by aesthetic concerns. Research (Martinez and Davenport 2005) suggests that for an 18 in. dowel the sawcut can be offset from the center as much as 3 in. without impacting joint performance.

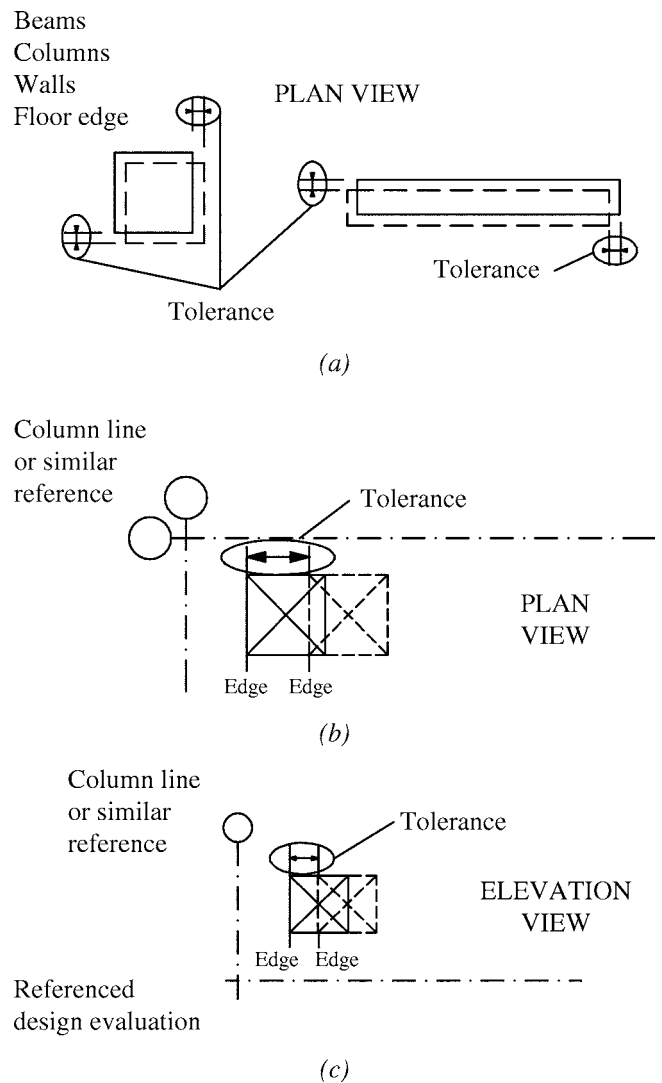


Fig. R4.2.1—Horizontal deviation.

ANEXO 8

ACI 117. Capítulo 4.8.4

SPECIFICATION

- 4.8.2 Formed surfaces over distances of 10 ft**
All conditions, unless noted otherwise in this section
.....±0.3%

Outside corner of exposed corner column±0.2%

Contraction joint grooves in exposed concrete...±0.2%

- 4.8.3 Formed surface irregularities (gradual or abrupt)**

Abrupt irregularities shall be measured within 1 in. of the irregularity. Gradual surface irregularities shall be measured by determining the gap between concrete and near surface of a 5 ft straightedge, measured between contact points.
Class A Surface..... +1/8 in.

Class B Surface..... +1/4 in.

Class C Surface..... +1/2 in.

Class D Surface..... +1 in.

- 4.8.4 Random traffic floor surface finish tolerances shall meet the requirements of Section 4.8.5 or 4.8.6, as specified in the Contract Documents.**

4.8.4.1 A specified overall area is the entire floor surface specified to conform to a particular surface classification.

4.8.4.2 The surface classification of all floors shall be specified in the Contract Documents.

4.8.4.3 Each individual slab placement shall constitute a separate test surface.

COMMENTARY

- R4.8.2** This is one of several paragraphs that address the proper location of formed surfaces. Local departure of the formed surface from the specified slope or plane is addressed in this section. A departure of 0.3% is approximately 3/8 in. over a distance of 10 ft. Tolerances are based on a 10 ft measured length. Interpolation or extrapolation of tolerances for dimensions greater than or less than 10 ft are not permitted. Other sections, such as Sections 4.1 and 4.4.2, establish a global tolerance for elements.
- R4.8.3** Specifiers should anticipate local irregularities in formed surfaces. The purpose of establishing different classes of surface is to define the magnitude of irregularities in a manner that is consistent with the exposure of the concrete when in service. As stated in Section R4.4.3, the term “exposed concrete” is used as defined in *ACI Concrete Terminology*. Exposed Concrete is addressed in the Mandatory Requirements Checklist, Section 1.1.2. The Specifier should also anticipate abrupt transitions at the surface of members where segmental steel void forms are used to form floor framing members. The Specifier should refer to the Mandatory Requirements Checklist.
- R4.8.4** The purpose of establishing floor surface tolerances is to define surface characteristics that are of importance to those who will be using the surface. The two surface characteristics thought to be of greatest importance for concrete floors are flatness and levelness. Flatness can be described as bumpiness of the floor, and is the degree to which a floor surface is smooth or plane. Levelness is the degree to which a floor surface parallels the slope established on the project drawings. Two methods are identified for use in the evaluation of floor surface finish tolerances. The F-Number System uses data taken at regular intervals along lines located in random locations on the test surface. The described methods use different criteria to evaluate the as-constructed data. Therefore, it is important that the Specifier select the method most applicable to the end user of the floor. The Waviness Index may be used instead of the two methods identified in Sections 4.8.5 and 4.8.6 by specifying parameters established in the Optional Checklist. Before contracting to build to any floor tolerance specification, it is suggested the constructor evaluate data from tests of its own floors. Data should be processed using the proposed floor tolerance specification to confirm an understanding of the specific approach and its implications on proposed construction means and methods. Specifiers may require the constructor to demonstrate proven ability by testing an existing floor slab installed by the constructor.

Each of the methods described herein will yield a slightly different result. Each of the described approaches uses a different method to evaluate flatness. The F-Number System

SPECIFICATION

COMMENTARY

uses only 2 ft slope changes (center offset from a 2 ft chord). The manual straightedge and computerized simulation of the manual straightedge methods both use maximum offsets from chords of varying lengths up to 10 ft.

To develop an understanding of the relationship among these approaches, the committee undertook a study of six groups of 100 individual profiles each (600 total). The profiles included all quality levels likely to be produced using current construction techniques; each of the profiles was 100 ft long. Table R4.8.4 shows partial results of that study. Evaluation of the results resulted in the tolerance values contained in Sections 4.8.5 and 4.8.6.

Floor surface classifications shown in Sections 4.8.5 and 4.8.6 vary from conventional at the low end to super flat at the high end of the flatness/levelness spectrum. Although there is no direct correlation among the described tolerancing methods, similarly classified floors in Sections 4.8.5 and 4.8.6 should provide the user with floor surfaces of approximately the same flatness and levelness.

Floor surfaces in the conventional category can be routinely produced using strikeoff and finishing techniques that include no restraighening operations after initial strikeoff. This classification of floor surface is generally not compatible with floor coverings such as carpeting and vinyl flooring. Conventional floor surface tolerances are appropriately applied to areas such as mechanical rooms, nonpublic areas, or surfaces under raised computer flooring or thick-set tile.

The moderately flat classification of surface tolerances will routinely require the use of float dish attachments to the power float machines or some restraighening of the concrete surface during finishing operations to consistently achieve flatness requirements. The moderately flat surface can routinely be produced by using a wide bull float (8 to 10 ft) to smooth the concrete and a modified highway straightedge

Table R4.8.4—Methods to evaluate flatness

Floor classification	F _F flatness (SOF _F)	10 ft manual straightedge maximum gap, in.
Conventional	20	0.628 to 0.284
Moderately flat	25	0.569 to 0.254
Flat	35	0.359 to 0.163
Very flat	45	0.282 to 0.144
Super flat	60	0.253 to 0.135
Floor classification	10 ft manual straightedge maximum gap, in.	SOF _F range
Conventional	1/2	17.4 to 27.7
Moderately flat	3/8	20.3 to 34.9
Flat	1/4	24.0 to 45.9
Very flat	3/16	31.7 to 64.3
Super flat	1/8	37.7 to 109.3

SPECIFICATION

COMMENTARY

to restraighthen the surface after completion of the initial power float pass. The use of a rider with float dishes attached to the trowel blades can reduce the amount of restraighthening required by the modified highway straightedge. An appropriate use of floor surfaces with this classification would be carpeted areas of commercial office buildings or industrial buildings with low-speed vehicular traffic.

Flat floor tolerances are appropriate for concrete floors under thin-set ceramic, vinyl tile, or similar coverings. Flat floor tolerances are also appropriate for use in warehouses employing conventional lift trucks and racks. The flat classification requires restraighthening after floating and is the highest feasible tolerance level for suspended slabs.

Very flat floor tolerances are generally restricted to high-end industrial applications, such as might be required for successful operation of high-speed lift trucks, air pallets, or similar equipment. Multiple restraighthenings in multiple directions following both the floating and initial finishing phases are required to produce floors conforming to very flat tolerances. The use of a laser screed or rigid edge forms up to 30 ft apart can achieve the required degree of levelness.

The super-flat category is the highest quality random traffic floor surface classification that can be routinely produced using current technology. Only skilled contractors, using sophisticated equipment, will be able to achieve this level of quality. Restraighthening operations for this floor category are more rigorous than that described for the very flat category. The super-flat random traffic category is only appropriate for limited applications, such as TV production studios.

Another type of super-flat floor surface, one that falls outside the scope of random traffic specifications, is that which is required for defined traffic applications, such as narrow aisle industrial warehouse floors. The aisle width in these installations is typically about 5 ft wide, and the narrow clearance between the vehicles and racks requires construction of an extremely smooth and level surface. The tolerance requirements normally dictate strip placement of concrete using closely spaced rigid forms (approximately 15 ft on center), but they can occasionally be achieved without narrow strip placement by skilled contractors using sophisticated equipment.

The evaluation of the super-flat defined traffic surface classification requires specialized techniques that should be agreed on by all parties before construction. The test method should measure:

1. The maximum transverse elevation difference between wheel tracks;
2. The maximum elevation difference between front and rear axle; and
3. The maximum rate of change per foot for 1 and 2 as the vehicle travels down the aisle.

SPECIFICATION

4.8.4.4 Floor test surfaces shall be measured and reported within 72 hours after completion of slab concrete finishing operations and before removal of any supporting shores.

4.8.4.5 Test reports shall be distributed to the Owner, the Architect, the General Contractor, and the flatwork contractor.

4.8.4.6 Test surface measurements shall not cross planned changes in floor surface slope.

4.8.4.7 Test results shall be reported in a manner that will allow the data to be verified or the tests to be replicated.

4.8.5 Random traffic floor finish tolerances as measured in accordance with ASTM E1155 shall conform to the following requirements:

4.8.5.1 Specified overall values for flatness (SOF_F) and levelness (SOF_L) shall conform to the specified Floor Surface Classifications, as listed in Table 4.8.5.1.

COMMENTARY

Flatness of defined traffic wheel tracks can also be specified by reference to ASTM E1486, Section 4.9.

The remedy for noncompliance with specified defined flatness tolerances should be included in specification language. For random traffic slabs-on-grade, the remedy can range from liquidated damages, to localized grinding, to application of a topping, to removal and replacement, depending on the purpose for which the slab is being installed. The remedy for defined traffic installations is generally grinding of high spots.

R4.8.4.4 The purpose for establishing a default 72-hour time limit on the measurement of floor surfaces is to avoid any possible conflict over the acceptability of the floor and to alert the Contractor of the need to modify finishing techniques on subsequent placements, if necessary, to achieve compliance. All slabs will shrink; joints and cracks in slabs-on-ground will curl with time, resulting in a surface that is less flat with the passage of time. If the needs of the user are such that a delay in testing is necessary to allow successful installation of subsequent Work, this requirement for delayed testing should be clearly stated in the specifications.

R4.8.4.6 Ramped (sloped) surfaces can be tolerated by reference to ASTM E1486 or the average slope of 15 ft least squares fit of each survey line calculated in accordance with ASTM E1486, Section 4.11 and Eq. (21), (22), and (23). Survey lines should be parallel to the direction of slope. In instances where the Specifier chooses to provide a tolerance at construction joints, specific provisions for data collection should be included in the Project Specifications.

R4.8.5 The F-Number System evaluates the flatness of a floor surface by measuring slope changes over a distance of 2 ft. Specifics of the test procedure are dictated by ASTM E1155. The 2 ft slope change data are evaluated to develop an estimate of the floor's flatness. The system evaluates the levelness of a floor surface by measuring elevation changes relative to a horizontal plane and between points separated by a distance of 10 ft. These 10 ft elevation differences are evaluated to develop an estimate of the floor's levelness. Higher numbers indicate better quality in the surface characteristic being reported.

ANEXO 9

Publicación referencia ACI 117

JULY 2018

TOLERANCES for Concrete Surfaces

INTRODUCTION

Tolerances are provided to ensure the finished concrete surface is acceptable for the application and the intended function. Setting tolerances also demonstrate that some degree of variation is inherent in all building work.

The position of the concrete element, its function, appearance and the influence of these on the total project would, in many cases, define the appropriate tolerances. On the other hand, tolerances must also be reasonable, i.e. both achievable and able to be checked in the field using the available techniques and at acceptable cost. The importance of specifying appropriate tolerances becomes apparent when the outcome fails to meet the original expectations.

TOLERANCES can be defined as the allowable variations from the specified values or performance levels.

Some Australian Standards specify tolerances for concrete surfaces and it is important to understand their relevance or limitation for particular applications. This Datasheet reviews the tolerance requirements in various codes and standards, provides guidance on appropriate tolerances (particularly for unformed surfaces) and discusses the issues involved in achieving the specified tolerances.

DEFINITIONS

- **Formed Surface:** A Surface requiring formwork to provide shape and texture/finish to the concrete.
- **Unformed Surface:** A surface that does not require formwork to provide either shape or finish to the surface, e.g. the top surface of slabs or pavements.

These surfaces generally have to meet two independent tolerance criteria: the 'flatness' of the surface and variation from the designed elevation (levelness).

- **Flatness:** The deviation of the surface from a straight line joining two points on the surface.
- **Levelness (elevation tolerance):** The permitted vertical variation of the surface from a fixed external reference point or datum.
- **Assessing Tolerances:** It should be noted that measurement for assessment of "as-constructed tolerances must be made within 24 hours to 72 hours of construction."

The reason for this is that factors, outside of the construction process may influence measurements made outside of this time period (e.g. release of propping on suspended slabs and beams, ground movement under slabs cast on ground, shrinkage and curling effects etc.). In the case of columns and walls, measurement should take place as soon as is possible after formwork removal.

MEASURING TOLERANCES

As the specification of tolerances is dependent on the method of measurement, this is usually determined first. While the two common methods used in Australia are the optical and straightedge, methods include:

Optical

Optical survey instruments can be used to measure the levelness, flatness, position or plumb of an element. For pavement or slab levelness and flatness, spot checks on a grid

pattern are often made. If relying entirely on spot measurements, the grid size may be quite small, say 0.5m. Combined with a straightedge, readings may be taken on, say, a 3m grid, with a straightedge used to check the variation between measured points. Instruments can have an accuracy of 0.1mm, and computer topographical maps drawn indicating slab contours to assist with the evaluation. Since small grid sizes may be required, the cost of this method should be evaluated, particularly when used over large areas.

Straightedge

Tolerances can be determined by placing a straightedge anywhere on a concrete surface in any direction and measuring the maximum deviation of the surface from the straightedge (see Figure 1). The use of a 3m straightedge has been found to be a simple and generally satisfactory method of measurement in Australia. A shorter length (0.3m to 15m) straightedge is one of the methods for measuring surface tolerances of formed concrete prescribed by AS 3610.1¹. The variation from the straightedge is typically expressed as a maximum deviation value over the straightedge length but can be assessed by the method provided in ACI 117⁴.

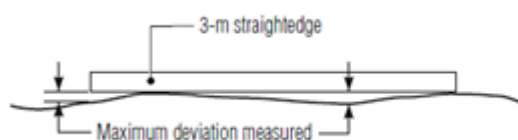


Figure 1: Testing the surface for compliance using a straightedge.

While the 3m straightedge technique is simple, inexpensive and widely used, one of the deficiencies of the method includes the difficulty in testing large pavement areas. Other deficiencies include inability to reproduce test results and failure of the method to assess the acceptability of irregularities such as steps and surface undulations (often referred to as waviness – see Figure 2).

The length of the undulations in an unformed slab surface is an important consideration when choosing the length of a straight edge.

Shorter (300mm and 1500mm) straightedges as specified in AS 2610.1¹ for formed surfaces could be used provided the length of the straightedge exceeds the maximum length of undulations. It is common for the length of undulations in the unformed surface of slabs to

vary from 600mm to 3m, so care should be taken when selecting a straightedge less than 3m for this assessment (see Figure 2).

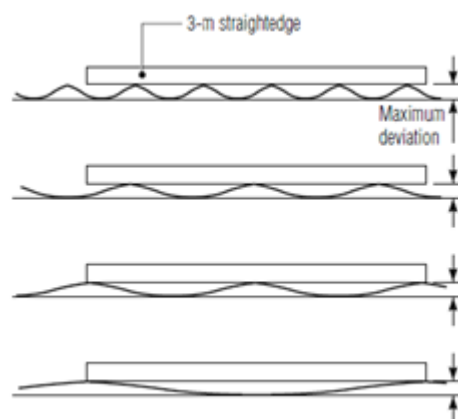


Figure 2: 3m straightedge tolerances fail to assess surface undulations (waviness).

A better method of using a 3m straightedge and assessing its resulting test data is provided in ACI 117⁴. This standard recognises the difficulties in assessing straightedge data and recommends that two limits are applied for flatness tolerance. These are based on a standard approach to measuring the slab surface and the proposed deviation limits that are the limit at which 90% of the test measurements are less than and also the limit which 100% of the test measurements are less than. This approach to assessment is reflected in Table 1 overleaf, and used here to compare straightedge data with that from instruments used to measure flatness numbers and levelness numbers.

String-lines

String-lines are suitable for assessing large elements but should be used only in still air conditions. They are more suited to vertical surfaces, as the deflection or 'sag' over long distances could introduce errors for horizontal surfaces. They are typically held away from the surface on suitable spacers to ensure the string-line is straight and the deviation of the surface from the string-line can be measured.

F-Meter and Dipstick Instruments

The F-Meter and Dipstick instruments were developed by the Face Company in the United States. These instruments are used to assess the flatness and levelness of floors by measuring the Face floor-profile numbers, called F-numbers. The Flatness F-number (F_F) is related to the maximum allowable floor

curvature over 600mm computed on the basis of successive 30mm elevations differentials².

The Levelness F-number (F_L) is related to the relative conformity of the surface to a horizontal plane as measured over a 3m length.

Generally, the two F-numbers are expressed as F_F and F_L . Further information on this measuring system can be found in ACI 302.1³ and ASTM E1155M².

Large areas can be assessed easily for compliance using this method, as the instrument can be quickly moved across the surface (see Figure 3).

It is important that measurements are taken as soon as possible, since subsequent procedures, such as saw cutting joints, will affect results. These instruments are available in Australia but their use is still relatively rare with the Dipstick instrument more commonly used. To allow a contractor to assess the work (and cost) involved in delivering the required finish, a correlation between the F-numbers and an existing familiar method such as the straightedge may initially be required. While there is no direct equivalence between F-numbers and 3m straightedge tolerances, Table 1 gives an approximate correlation between the two systems as assessed by the method of ACI 117⁴.



Figure 3: F-Meter

Profilograph

This instrument is a variation of the F-Meter and was developed by the Australian Road Research Board – Transport Research (ARRB TR). It is a height-measuring device for checking the longitudinal profile of both new and existing road pavements.

Table 1: Approximate correlation between F-numbers and straightedge tolerances (after ACI 117⁴)

Floor profile quality	FF	FL	3m Straightedge
			Tolerance (90% less than – 100% less than) (mm)
Conventional Surface			
Bull-floated	15	13	16 - 23
Straight-edged*	20	15	13 - 19
Flat	25	20	10 - 16
Very flat	50	30	3 - 7
Super flat	100	50-100	2 - 3
Typical warehouse	25-35		6 - 12

*Refers to a finishing process in which a long straightedge (3m to 4m) is drawn across the surface transverse to the direction of screeding to remove undulations in the transverse direction.

STANDARDS AND SPECIFICATIONS

When specifying tolerances for concrete work, reference is often made to the Australian Standards/Specifications AS 360.1¹, AS 3600⁵ and NATSPEC⁶. The relevant contents of these are outlined below.

AS 3610.1¹ – Formwork for concrete

This Standard deals with the visual quality (appearance) of formed concrete surfaces, for both in-situ and precast concrete elements. The surface finish quality is specified as one of five classes.

Classes 1, 2 and 3 are typical architectural applications where the concrete surface visual quality is important. Tolerances for each class are specified for various aspects of the surface finish (see Table 2). If concrete elements have non-critical faces and/or some of the surface finish tolerances are less important, these can be relaxed and are designated by the suffix 'X' after the class of finish, (e.g. Class 2X). The limits of any less stringent tolerances should be included in the project documentation but should not be less stringent than the tolerances given in AS 3600⁵ for structural adequacy. Classes 4 and 5

are for typical structural applications where the concrete surface is either not visible, or the surface finish quality is not critical (e.g. footings, concrete frames covered by other finishes). While specifications for “Face step” and “Undulations” for Class 4 finishes are included in AS 3610.1¹, the tolerances for Class 4 and 5 finishes are generally governed by the requirements of AS 3600⁵, (i.e. structural design rather than appearance of the surface).

AS 3600⁵ – Concrete Structures

The tolerances specified in AS 3600⁵ relate to the size and position of concrete elements to ensure that the safety factors for the structural design of the elements are maintained. The standard notes that ‘more stringent tolerances may be required for reasons of serviceability, fit of components, or aesthetics of the structure’.

Specifying tolerance in accordance with AS 3600⁵ may not be adequate to satisfy other requirements, (e.g. where precast components are installed into a building frame - see Figure 4 below). Note that AS 3610.1¹ is of little use in this regard as it deals with the surface finish rather than the actual position of the element.

As an example, consider a mezzanine floor in a factory supported by 3m high columns. AS 3600⁵ states that for a point on the top surface of a floor or the soffit of a beam or slab adjacent to a column or wall, the deviation from the specified elevation shall not exceed 40mm vertically i.e. $\pm 40\text{mm}$ from the designed level. The actual variation may be smaller as the deviation from any specified height is 5mm, whichever is greater. For the mezzanine floor, the variation in the column height could thus be $\pm 15\text{mm}$ (height/200). While this is within the $\pm 40\text{mm}$ allowed, in the worst case there could be a 30mm fall across the slab, and the floor levels still comply with tolerances given in AS 3600⁵. This could make the fit of components or construction of walls difficult.

NATSPEC⁶

NATSPEC⁶ nominated a flatness tolerance for each of three classes of unformed surfaces, viz:

- **Class A** Maximum deviation from a 2m straightedge is 4mm.
- **Class B** Maximum deviation from a 3m straightedge is 6mm.

- **Class C** Maximum deviation from a 600mm straightedge is 6mm.

NATSPEC is not clear on the method of assessment and could be interpreted as a maximum deviation for 100% of tests. Class A should not be automatically specified for all floor applications. Achieving a maximum deviation of 4mm under a 3m straightedge may require very special construction techniques at increased cost. Table 1 shows a reasonable tolerance for a conventional finish would be a maximum deviation of 13mm under a 3m straightedge for 90% of tests.

With careful level control and re-screeding where required, it may be possible to achieve a maximum deviation of 10mm under a 3m straightedge for 90% of test results carried out on the majority of a pavement area.

More stringent tolerances should be specified only if required for the application, (e.g. a television studio floor or operating theatre, both of which require sensitive equipment to be moved across the floor). In these cases Class A may be the appropriate flatness to specify but will require specialist finishing to achieve a maximum 4mm on 90% of test let alone 100% of tests suggested here.

Consideration needs to be given to achieving the specified tolerance on site. The specification of a less stringent tolerance and use of a self-levelling topping (after construction) may also be an option to achieve more stringent tolerances, particularly if suspended and/or post tensioned floors are involved. Deflections after formwork removal or stressing can easily exceed the ‘flatness’ tolerance specified. Note that the waviness of the floor may be more critical than having a Class A finish. Fewer ‘waves’ will effectively increase the flatness and allow smoother movement of equipment over the floor surface (see Figure 2).

SPECIFYING TOLERANCES

Specified tolerances should realistically reflect the requirements for the appearance and function of the concrete element. The practice of specifying more stringent tolerances than required to cover unforeseen circumstances should be avoided. The more stringent the tolerances, the more sophisticated (and therefore costly) are the

construction and measurement methods needed to achieve and check them. The recommended tolerances for various elements are discussed below and summarised in Table 3.

Footings

If no requirements are specified, footings would be deemed to require only Class 5 finish for which no provisions for the surface appearance are included in the Standards.



Figure 4: Concrete frame may require tolerances appropriate for the fitting of components such as precast units.

Slabs

In addition to the unformed top surface, formed slab edges may also need to be considered – particularly in residential work. For the latter, both are covered by AS 2870⁷.

The formed edges/sides of the concrete slab are generally acceptable if in accordance with the tolerances of AS 3600⁵, as the edge is either below ground level or concealed by the external skin of brickwork and therefore surface appearance is not critical. Note that AS 2870⁷ generally requires concrete work to be in accordance with AS 3600⁵.

Where the edge remains exposed after construction (clad frame construction or as part of the termite barrier system), a Class 3 finish to the formed surface should be specified in accordance with AS 3610.1¹. This will provide satisfactory surface appearance and satisfy the requirement of AS 3600.1⁸ that states *‘the exposed face of the perimeter of the slab shall be off-the-form and shall not exhibit areas of rough surface, honeycombing or ripples’*.

Table 2: Acceptable quality of formed surfaces (AS 3610¹)

Quality of Surface Finish	Class 1		Class 2		Class 3		Class 4		Class 5	
1. Blowholes	Refer to AS3610.1 for examples						N/A		N/A	
2. Formed Face Deflection	Lesser of 2mm or Span/360		Lesser of 3mm or Span/270		Lesser of 3mm or Span/270		Lesser of 3mm or Span/270		N/A	
3. Face Step	Tolerance for straight elements with smooth surface in mm									
	% of Readings									
	95	100	90	100	80	100	70	100	*	
Within the element	1	2	2	3	3	5	5	8	*	
At in-situ construction joint	2	3	2	3	3	5	5	8	*	
4. Surface Undulations**										
300mm Straightedge (a-b) ≤ 1500mm Straightedge	1	2	2	4	3	4	5	7	*	
(a-b) ≤	2	4	3	6	5	7	8	10	*	
5. Flatness 1.25m Grid										
At 5m over 10m (N/A to Precast)	4	5	6	7	7	10	*	*	*	
	5	7	7	10	10	15	*	*	*	
6. Out of plumb. Height less than 3m										
3m < Height < 8m (N/A to Precast)	3	5	4	6	5	7	*	*	*	
	6	8	8	10	10	12	*	*	*	

*Limited by AS3600⁵

** “a” and “b” are respectively the maximum and minimum distance from the straightedge

A more stringent flatness tolerance than 13mm on 90% of test shown in Table 3 may be required for particular floor finishes such as polished concrete or vinyl, where light reflecting from the surface tends to highlight any undulations.

A maximum variation of 6mm from a 3m straightedge on 90% of tests would be a reasonable tolerance for small areas, and 8mm for larger areas. Reducing the waviness would also assist in achieving a flatter finish.

Tolerances should be measured within 72 hours of placement and not be used to assess the performance over a period of time, as ground movement in excess of the tolerances may occur.

Table 3: Recommended Tolerances

		TOLERANCE ON:																	
MEMBER		Position/Size	Surface quality																
Footings	Concealed	Maximum deviation from any specified height, plan or cross-sectional dimension to be the greater of 1/200 times specified dimensions or 5mm ^a	Maximum deviation of any point of the surface from a straight line joining the two points on the surface to be the greater of 1/250 times the length of the line or 10mm ^a																
	Exposed	As for "Concealed" above plus –Maximum deviation from plumb to be the greater of 1/200 times specified dimensions or 5mm ^{1,b} . Absolute position to be within +15mm horizontally.	Class 4 ^b or higher.																
Slabs		Maximum deviation from any specified height, plan or cross-sectional dimension to be the greater of 1/200 times specified dimensions or 5mm ^a . Surface level – To within +10mm of specified level.	Exposed edges to be Class 3 ^c or 2 maximum. Flatness – Maximum from a 3m straightedge placed anywhere on the surface 13mm for 90% of tests. This tolerance is also consistent with AS3600 section 17 ⁸ which satisfies structural requirements.																
Columns and Walls		Position - +15mm of specified position. Plumb - +10mm of plumb.	Concealed elements – Class4 ^c . Elements with applied finishes – Class ^c to be specified to provide appropriate substrate. Elements viewed as a whole – Class 3 ^c . Elements viewed in detail – Class 2 ^c .																
Architectural Elements		As appropriate for type of member.	Class 1, 2 or 3 ^{c,d}																
External Pavements (driveways, footpaths, patio's and other pedestrian pavements)		Surface level – - Non-graded pavement: ±10mm of specified level. - Graded pavement: ±10mm of a straight line between control points. - Control points at top and bottom of graded pavement: ±10mm of specified level. Thickness – Maximum deviation to be the greater of 1/200 times the specified thickness or 5mm ^a .	Flatness – Maximum from a 3m straightedge placed anywhere on the surface 16mm for 90% of tests.																
Industrial Pavements		Surface level to be within ±10mm of specified level. Thickness – Maximum deviation to be the greater of 1/200 times the specified thickness or 5mm ^a .	Flatness and levelness – To have the following F-numbers ^e : <table><tr><th>Finishing method/ pavement type</th><th>F_F</th><th>F_L</th></tr><tr><td>Bullfloated</td><td>15</td><td>13</td></tr><tr><td>Straightedged^f</td><td>20</td><td>15</td></tr><tr><td>Flat</td><td>25</td><td>20</td></tr><tr><td>Very Flat</td><td>50</td><td>30</td></tr></table>		Finishing method/ pavement type	F _F	F _L	Bullfloated	15	13	Straightedged ^f	20	15	Flat	25	20	Very Flat	50	30
Finishing method/ pavement type	F _F	F _L																	
Bullfloated	15	13																	
Straightedged ^f	20	15																	
Flat	25	20																	
Very Flat	50	30																	

Notes (table reference numbers refer to note numbers below):

- In accordance with AS 3600⁵.
- If class 2 or 3 finish in accordance with AS 3610.1¹ is specified, the associated plumb tolerances apply.
- In accordance with AS 3610.1¹.
- A tighter tolerance may be required for some floor finishes (e.g. tiled, vinyl, polished) – see page 5 "Slabs".
- As measured by the F-Meter – see page 2 for method and Table 1 for 3m straightedge deviation equivalent.
- Refers to a finish process using a long straightedge tool (refer to ACI-117⁴).

Columns and Walls

Tolerances for the location and plumb of these members are usually specified in accordance with AS 3600⁵. As surface appearance is generally not critical (i.e. members concealed from view by other finishes) a Class 4 surface finish in accordance with AS 3610.1¹ should typically be specified. This will ensure good general alignment of the surface.

There are less common cases where columns and walls are constructed to a finish that is to be viewed without any further applied finish. In this case Class 1, 2 or 3 finish may be specified in accordance with AS 3610.1¹.

If the location of these elements is important and they cannot be allowed to 'drift' out of position by the 40mm allowed in AS 3600⁵, then an appropriate, more stringent tolerance, needs to be specified. Again the project documentation may limit the deviation from the specified plan position to say 15mm. While this allows some tolerance for dimension and plumb, it may require each level to be set out to ensure the adequate location of columns and walls.

Regarding the plumb, it is recommended that the 10mm variation allowed in AS 3600⁵ be regarded as a maximum, rather than minimum value. This makes the requirements for plumb, approximately consistent with a Class 3 finish in AS 3610.1¹.

Architectural Elements

In addition to specifying tolerances for the position of concrete elements, where the visual appearance is important, tolerances for the surface finish must also be specified. A group of tolerances which define the surface finish are usually specified as either a Class 1, 2 or 3 finish in accordance with AS 3610.1¹. A specifier should take particular note of the advice regarding visual assessment of concrete surfaces provided by AS 3610.1¹. The Standard advises that surfaces should be viewed from a distance reflecting the viewing distance expected when in service but not less than 3m. For example, this may mean that a visual assessment of a Class 3 surface finish at 2m may satisfy a Class 2 when viewed at 20m.

Class 1 finishes should be specified only for selected small elements contained in a single pour and not for entire building facades. This is due to their cost and difficulty to achieve over

larger areas. Class 1 is often specified for residential and public applications where close scrutiny of the finish is possible.

Class 2 finishes are appropriate for exposed concrete in areas where people have the opportunity to view the finish in detail. Class 2 would usually be the minimum finish for residential applications and other building/structural elements where people can be in close proximity.

Class 3 finishes would suffice for most exposed concrete applications, such as car parks, where the structure is viewed as a whole and people are less alert to the actual finish.

External Pavements

In determining tolerances for external pavements, considerations should be given to:

- Most graded pavements fall to a drain, which itself has an elevation tolerance. If the drain is above the specified elevation, there will be less grade on the pavement, if below, there is more. The tolerance for the pavement should therefore be compatible with that of the drain.
- Care in nominating a minimum grade is required as the levelness tolerance of $\pm 10\text{mm}$ may cause the pavement to fall in the opposite direction for small vertical differences. This is especially critical over short distances. In these situations either more stringent tolerances on the control points are needed, or an appropriate minimum grade.

Industrial Pavements

The surface flatness is often the critical factor for these pavements and the tolerances need to suit the application. Forklift uses range from general circulation areas and wide aisles to specialised turret trucks in narrow aisles for high-bay storage.

Generally, the more restricted the operating space, the flatter the floor surface needs to be to prevent swaying during movement and possible impact with racking.

While the degree of flatness and levelness is dictated by the requirements of the turret truck suppliers, more stringent tolerances are often specified due to particularly narrow aisle widths

or the need to compensate for subsequent movements (e.g. subgrade settlement). For high-bay racking, generally a very flat floor will allow efficient operation of fork lift trucks (manufacturers' specifications need to be checked), with specified tolerance values of $F_F = 50$ and $F_L = 30$. As noted in Table 1, this is roughly equivalent to a maximum deviation of 3mm for 90% of tests under a 3m straightedge.

It can be seen that specifying tolerances using the F-number method is more suitable for industrial pavements. In this case, measuring tolerances over large areas may be difficult using other methods and can lead to dispute over the test results from differing test methods.

The specification of more stringent tolerances (e.g. a 'superflat' floor), involving a considerable increase in cost, is generally not warranted. However, each project must be assessed and the appropriate tolerance determined.

ACHIEVING TOLERANCES

When specifying tolerances, consideration should be given to how they will be achieved on site. Tolerance requirements need to be communicated to the contractor so that appropriate construction techniques and procedures can be planned to deliver the desired result. This is critical where tight tolerances have been specified, as additional time and cost will be involved in achieving them.

Consideration should be given to the following:

- Communication between all parties involved in the project is critical. The contractor must have a clear understanding of the tolerances required and the importance of achieving them so that appropriate construction techniques can be used. As the actual finishing of the surface probably accounts for at least 50% of the success of a project, it is imperative that the concreter also be involved in related discussions and development of procedures for placing/finishing the surface.
- Compliance should be assessed between 24 hours and 72 hours after placement of concrete (as noted in "Definitions above). This should be completed prior to any activities, such as post-tensioning, formwork stripping/backpropping and loading which may affect the levels.

- Construction costs generally increase as tolerances become more stringent. Specifying tolerances appropriate for the application will control costs for the owner and possibly avoid unnecessary disputes over non-compliance.
- An understanding of the tolerance limits possible by using various construction techniques will assist in selecting an appropriate method to achieve the specified tolerances. For example, tight tolerances in large floor areas are generally achieved by placing the concrete in narrow strips. If a joint-free surface is required for large open areas, the use of specialised equipment such as laser-guided screeding machines may be required.

Construction techniques that reduce the waviness of the surface finish will also improve the flatness. An alternative solution for tight tolerances may be to use normal placement and finishing techniques on the base slab combined with a self-levelling topping (see below).

- Construction details can have significant effect on the final surface level and flatness. Examples include:
 - a. Ensuring adequate quality of and preparation of the subgrade under the concrete slab to reduce the potential for ground movement. The use of a designed thickness specified road base material, that is compacted to a specified minimum dry density, is recommended.
 - b. Providing long tapers at edge thickenings to reduce the risk of level changes due to concrete plastic settlement shrinkage.
 - c. Ensuring proper functioning of joints. This should include measures to ensure that the joint accommodates horizontal movement of the slab due to shrinkage and temperature as well as transfer of vertical loads across the joint. This can be achieved by careful design of reinforcement, dowel bars (if required) and joint surface preparation. Correct joint spacing and aspect ratio of pavement



segments between joints is necessary to ensure that joints will work as intended.

- d. Ensuring adequate slab thickness, reinforcement detailing and concrete mix design to control curling of the slab edges. Effective curing of the finished surface of the concrete slab, also combined with plastic (vapour barrier) under the slab where the sub-base is likely to remain moist, will also assist with control of curling of the slab edges.
- While the specified tolerances may be satisfactory when checked for compliance, subsequent movement and/or deflection of the concrete member (e.g. due to ground movement, stripping of formwork, loading, stressing) could result in the final surface not complying. An alternative to specifying more stringent (and perhaps unreasonable and more costly) tolerances to allow for this movement is the specification of less-stringent tolerances combined with an appropriate self-levelling topping.
- Surfaces requiring tight tolerances (e.g. operating theatres, studios) or ones subject to subsequent movement/deflection may benefit from the use of a topping by which such tolerances are readily achievable. A further benefit is that, since the topping can be placed at the end of the construction period, the need for protection of the floor is minimised. Care should be taken to ensure that toppings are fully bonded to the concrete where using this method.
- The importance of trial slabs or test panels that incorporate all the features of the critical slabs or elements from preparation, formwork, jointing, placing, compacting, finishing and curing, can't be over emphasized. Trial slabs provide the opportunity to further refine the techniques required to achieve the final result, and to a greater understanding and appreciation of the extent of work involved.

ensure that acceptable results can be achieved. Techniques used in rectification work of unformed surfaces include:

- Belt sanding with an appropriate abrasive paper can be used for areas requiring minor corrections less than say 0.5mm.
- Grinding the surface is an effective way of correcting localized high spots in the finished surface and is the typical method used. Depending on the type of grinding, the appearance will be affected and possibly surface characteristics such as abrasion resistance.
- Localised filling is not recommended as a long-term solution for the correction of tolerances on exposed concrete slabs. It may be used for minor surface defects and as a levelling solution under other floor finishes.
- A proprietary self-levelling topping can be applied to the surface, not only to correct tolerances, but also to provide a uniform appearance to the finished surface.

RECTIFICATION

Depending on the function and appearance of the concrete element, rectification of surfaces outside the specified tolerances may be possible. Parties involved should discuss and agree the procedure to

REFERENCES

1. AS 3610.1 Formwork for Concrete – Specifications, Standards Australia, 2018.
2. ASTM E1155M-14 Standard Test Method for Determining F_F Floor Flatness and F_L Floor Levelness Numbers, 2014.
3. ACI Committee 302.1R Guide for Concrete Floor and Slab Construction, American Concrete Institute, 2015.
4. ACI 117-10 Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary, American Concrete Institute, Reapproved 2015.
5. AS 3600 Concrete Structures, Standards Australia 2009.
6. Concrete Finishes Section of NATSPEC: BUILDING Structure, 2018.
7. AS 2870 Residential Slabs and Footings, Standards Australia 2011.
8. AS 3660.1 Termite Management, Part 1: New Building Work, Standards Australia, 2014.

This Data Sheet replaces:

Data Sheet September 2015 “Tolerances for Concrete Surfaces” previously published by Cement Concrete & Aggregates Australia, website at www.ccaa.com.au.

CCAA OFFICES

SYDNEY OFFICE:

Level 10, 163 – 175 O’Riordan Street
MASCOT NSW Australia 2020

POSTAL ADDRESS:

P.O. Box 124 MASCOT NSW 1460
Telephone: (02) 9677 8300

BRISBANE OFFICE:

Level 14, 300 Ann Street
BRISBANE QLD 4000
Telephone: (07) 3277 5200

MELBOURNE OFFICE:

Suite 910, 1 Queens Road
MELBOURNE VIC 3004
Telephone: (03) 9825 0200

PERTH OFFICE:

45 Ventnor Avenue
WEST PERTH WA 6005
Telephone: (08) 9389 4452

TASMANIAN OFFICE:

PO Box 1441
LINDISFARNE TAS 7015
Telephone: (03) 6491 2529

www.ccaa.com.au

Disclaimer: Cement Concrete & Aggregates Australia is a not for profit organisation sponsored by the cement concrete and aggregate industries in Australia to provide information on the many uses of cement and concrete. This publication is produced by CCAA for that purpose. Since the information provided is intended for general guidance only and in no way replaces the services of professional consultants on particular projects, no legal liability can be accepted by CCAA for its use.

© Cement Concrete & Aggregates Australia

ANEXO 10

Publicación referencia ASTM E1155

This article is a continuation of the “What’s This Report For?” series, based on a technical session sponsored by ACI Committee E702, Designing Concrete Structures. In keeping with ACI’s mission to provide knowledge and information for the best use of concrete, the articles will be posted on the ACI Web site (www.concrete.org/education/edu_online_CEU.htm) and, along with sample reports and multiple-choice questions, be used for educational materials.

The Floor Flatness Report

What the designer needs to know

BY MARK A. CHEEK

Floor profile finish quality has traditionally been specified by limiting the gap under either an unlevelled or levelled 10 ft (3 m) straightedge. Some specifications still take this tolerance approach, even though there is no nationally accepted standard either for taking measurements or for establishing compliance of a floor profile. In many specifications, slab finish quality is not addressed at all. Use of a nonstandard test procedure and failure to specify floor profiles often lead to conflict and litigation. For example, if the project specification calls for a 10 ft (3 m) straightedge to determine the quality of the finished floor and the test area is 100 x 100 ft (30 x 30 m), a technician can place the 10 ft (3 m) straightedge at a single location and measure the gaps between it and the floor. Operating without a standard, the technician could simply use the measurement from that one location as representative of the entire test area. It may (by some chance) be representative of the whole floor but most likely is not; thus, the results obtained are essentially useless.

PROFILING STANDARD

The technology for measuring floor profiles has developed in response to the need for a standard method to evaluate them. This technology, called the F-number

system,¹ provides a welcome alternative and a solution to the generally recognized inadequacies of the 10 ft (3 m) straightedge to describe and define floor profiles.

Floor flatness (F_f) and levelness (F_L) numbers determine whether a floor is sufficiently smooth and level, respectively, as constructed. Floor flatness can affect flooring installation, ride quality and safety in warehouses, and drainage. Floor levelness can affect shelf placement and design and a slab’s drainage plan. For example, the levelness of the floor in a warehouse could limit how high pallets of goods can be safely stacked. Typical F_f and F_L values for different applications are shown in Table 1 and Fig. 1.

Appropriate flatness and levelness

As in any other specification, the engineer should determine what is good enough for the application rather than impose a standard that is unnecessarily exacting and costly. Both overall flatness and levelness numbers should be specified, along with the local minimum values (typically 60% of the overall numbers). The test should be conducted within 72 hours of finishing the slab, as the curing process could cause the slab to curl and deviate from the flatness achieved by the finishers. Obtaining these numbers within 72 hours also allows the contractor

to make adjustments to the procedures, if necessary, while the floor is still being placed. Both flatness and levelness numbers can be determined on shored decks, but only flatness numbers can be determined on unshored decks.

Measurement

The F_F number is an indication of how bumpy or wavy the slab surface is, demonstrating the quality of the initial strike off and finishing process. The F-number system uses floor surface curvature calculated from elevation differences over 24 in. (600 mm) increments as a measure of flatness (Fig. 2). The F_L number is an indication of how level the slab is, demonstrating how level the forms were set. The floor slope is measured over a distance of 10 ft (30 m) (Fig. 3).

TABLE 1:

TYPICAL FLATNESS (F_F) AND LEVELNESS (F_L) NUMBERS FOR VARIOUS APPLICATIONS (ACI 302.1R)²

Composite flatness, F_F	Composite levelness, F_L	Typical applications
20	15	Noncritical: mechanical rooms, nonpublic areas, surfaces to have thick-set tile, parking structure slabs
25	20	Carpeted areas of commercial office buildings or lightly-trafficked office/industrial buildings
35	25	Thin-set flooring or warehouse floor with moderate or heavy traffic
45	35	Warehouse with air-pallet use, ice, or roller rinks
>50	>50	Movie or television studios

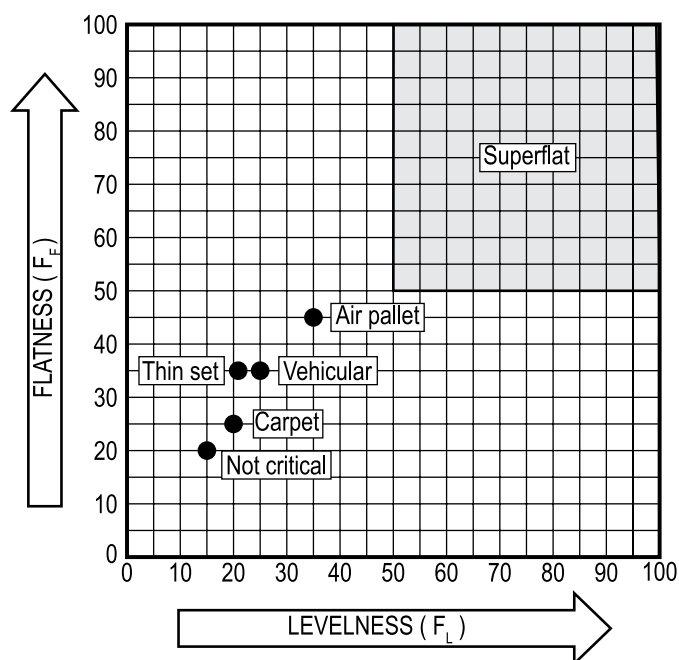


Fig. 1: Typical flatness and levelness requirements for various applications²

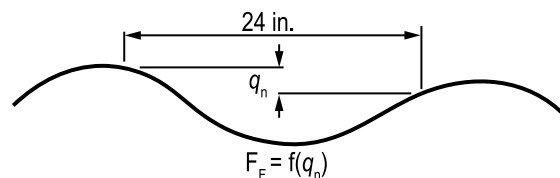


Fig. 2: The flatness is calculated from elevation readings over 24 in. (600 mm) increments

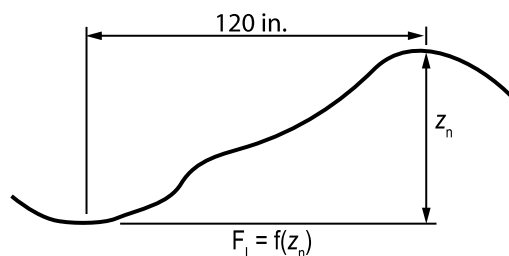


Fig. 3: The floor levelness is calculated from elevation readings over 10 ft (3 m) increments

cleaned, data can be collected using a Dipstick® floor profiler (Fig. 5) or equivalent. Minimum sampling requirements are discussed in ACI 117.²

Reviewing the report

A typical report includes a description of the test surface, test section(s) and location of test runs, the overall F_F and F_L numbers for the slab, the individual F_F and F_L numbers for each test run, and whether any required local minimum was violated. A graph of each test run may be included. The graph (Fig. 6) shows the change in elevation versus distance for the surface.

When reviewing a report, you should first verify that the overall F_F and F_L values meet the specified requirements. For example, suppose your project specification calls for a minimum F_F of 25 and a minimum F_L of 20. The corresponding minimum local values are typically 60% of these values, or 15.0 and 12.0, respectively; these should be spelled out in the specification. Looking at the example data in Table 2, you can see that the overall flatness and levelness requirements have been met.

After checking the overall flatness and levelness values against the specification, check the values of F_F and F_L for

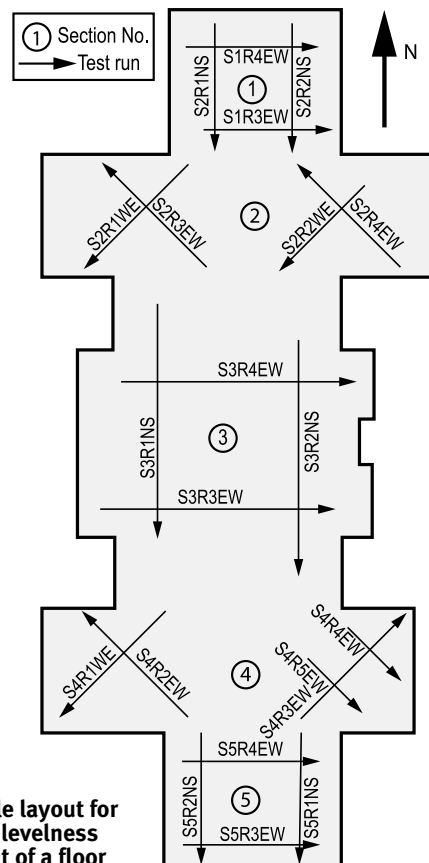


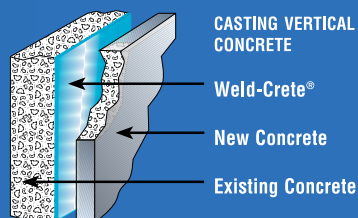
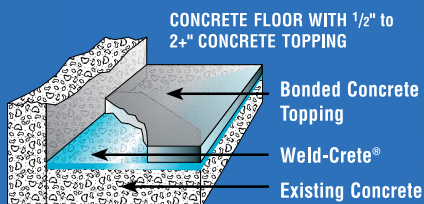
Fig. 4: Sample layout for flatness and levelness measurement of a floor

TURN BLUE

Weld-Crete—The pale blue bonding agent with over half a century of superior performance in the field.

Simply brush, roll or spray Weld-Crete onto concrete or any structurally sound surface. Then come back hours, days or a week later and finish with new concrete, stucco, tile, terrazzo, other cement mixes or portland cement plaster.

Plus, Weld-Crete's low VOC content significantly reduces airborne pollutants that affect health and the environment.



LARSEN

PRODUCTS CORP.

Originators of leading chemical bonding agents...worldwide since 1952

800.633.6668

www.larsenproducts.com



the individual test runs. Figure 6 shows an example test run. The vertical scale is exaggerated to show the profile more clearly. In this case, $F_F = 26.71$, higher than the overall requirement and higher than the required local minimum of 15.0, and $F_L = 19.42$, lower than the overall requirement but higher than the required local minimum of 12.0.



Fig. 5: A Dipstick floor profiler is used to collect flatness and levelness data

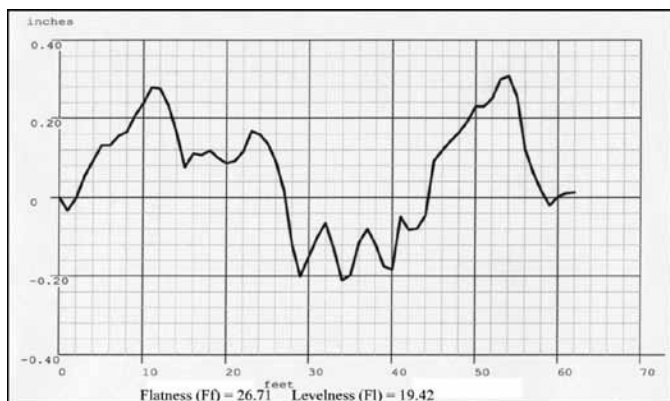


Fig. 6: Profile for one test run (vertical scale is exaggerated)

TABLE 2:
EXAMPLE FLATNESS AND LEVELNESS DATA FOR AN OFFICE BUILDING

Test run	Flatness, F_F	Levelness, F_L
1WE	35.13	24.70
2EW	24.71	11.42*
3WE	44.75	25.96
4NS	39.75	31.92
5SN	39.63	28.39
6NS	26.71	19.42
Overall (25/20)	35.11	23.80

*Does not meet the local minimum value

The last step is to check to see whether any local minimum values have been violated. Reviewing the data in Table 2, you can see that Test Run 2EW violates the minimum local value of F_L because it is only 11.42, less than the minimum local value 12.0. All other test runs meet the minimum local values for both F_F and F_L .

REMEDIES

If the overall F_F and F_L values exceed the minimum specified requirements and the minimum local values have not been violated, there is no need for remediation. However, if—as in the example—the overall values meet the specification and the minimum local values don't, the surface will need remediation in the areas where the minimum local values were out of spec. Additional testing will be required to determine the entire area for remediation. If the specified minimum overall numbers are not met, the entire surface or selected areas should be remediated and the surface retested. Remediation methods vary greatly in surface preparation, application effort, and cost so the selected remediation method varies from project to project.

Some reports may include measurements of the entire slab to quantify a slab that has been found to be out of spec. Different modeling programs can be used to aid in selecting a remediation method. For example, a mesh diagram (Fig. 7) can be very helpful in evaluating a slab surface.

If the results do not meet the specifications, remedial measures may be needed and a reduction in payment as previously agreed upon may be called for. Remedial measures for slabs-on-ground might include grinding, planing, surface repair, retopping, or removal and replacement. For suspended slabs, remedial measures are generally limited to grinding or use of an underlayment or topping material. Contract documents should clearly spell out the penalties to be imposed should the specified tolerances be exceeded. Generally, they will not mandate the remedial measures to be taken, as the Engineer of Record needs to make judgments about the appropriate action(s) in each individual case. In an office that is to be carpeted, a floor leveling compound may provide a sufficiently level surface for the carpet; for a warehouse floor, grinding the high spots may be preferred.

References

1. Face, A., "Floor Flatness and Levelness—The F Number System," *Construction Specifier*, V. 40, No. 4, Apr. 1987, pp. 24-32.
2. ACI Committee 302, "Guide for Concrete Floor and Slab Construction (ACI 302.1R-04)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2004, 76 pp.
3. ACI Committee 117, "Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials and Commentary (ACI 117-10)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2010, 76 pp.

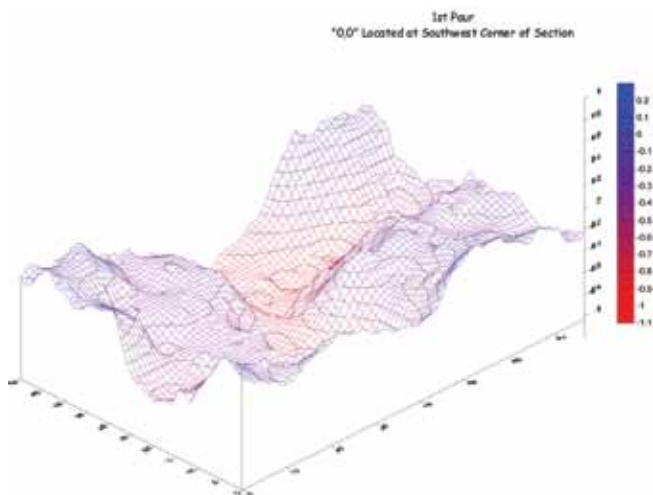


Fig. 7: Mesh diagram showing the profile of the surface. This type of diagram is useful in determining the appropriate repair method

Note: Additional information on the ASTM standard discussed in this article can be found at www.astm.org.

Selected for reader interest by the editors.



Mark A. Cheek, FACI, is Vice President of Beta Testing & Inspection, LLC, New Orleans, LA. He has over 20 years of experience in construction materials testing and inspection. He is a Past President of the ACI Louisiana Chapter, and is a member of the Chapter Activities Committee, Certification Programs Committee, Convention Committee, and ACI Committees

C610, Field Technician Certification; C620, Laboratory Technician Certification; 228, Nondestructive Testing of Concrete; 214, Evaluation of Results of Tests Used to Determine the Strength of Concrete; and E702, Designing Concrete Structures. He is also a member of Honors and Awards Committee and Chair of the ACI Young Member Award for Professional Achievement. Cheek received his BS in civil engineering from the University of New Orleans and is a licensed professional engineer in Louisiana and Mississippi.



Build Your Success Online

Now Available:

Online Training for Concrete Field Testing Technician—Grade I Certification*

- Full course (6 modules): \$149, \$119 for ACI members
- Individual modules: \$30, \$24 for ACI members

Online Training for Concrete Strength Testing Technician Certification*

- Full course (4 modules): \$99, \$79 for ACI members
- Individual modules: \$30, \$24 for ACI members

Concrete Fundamentals

- Full course (3 modules): \$99, \$79 for ACI members
- Individual modules: \$40, \$32 for ACI members

Concrete Basics

- 1 module: \$30, \$24 for ACI members

Additional courses coming this spring. Visit the Web site for details.

Visit our Web site: ACIelearning.org

Letters

The Floor Flatness Report

While we applaud the effort to make *CI* readers aware of the contents of floor flatness reports, we are concerned about a number of issues in “The Floor Flatness Report” from the January 2011 *CI* (V. 33, No. 1, pp. 35-39). The article may cause some building owners and others interested in floors meeting flatness and levelness tolerances to have unreasonable or misguided expectations regarding reported floor flatness and levelness results.

Some statements included in the article therefore require correction or clarification.

Quoting from p. 37 on taking measurements with a Dipstick® floor profiler or equivalent:

“Minimum sampling requirements are discussed in ACI 117.”

In fact, the requirements for the minimum number of 10 ft elevation difference readings per the test section, N_{min} , are discussed in Section 7.6 of ASTM E1155, “Standard Test Method for Determining F_F Floor Flatness and F_L Floor Levelness Numbers.” ACI 117, “Specification for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-10) and Commentary,” provides only minimum sampling requirements for the manual straightedge method (Section 4.8.6.2).

Also quoting from p. 37:

“When reviewing a report, you should first verify that the overall F_F and F_L values meet the specified requirements. For example, suppose your project specification calls for a *minimum* F_F of 25 and a *minimum* F_L of 20. The corresponding minimum local values are typically 60% of these values, or 15.0 and 12.0, respectively; these should be spelled out in the specification. Looking at the example data in Table 2, you can see that the overall flatness and levelness requirements have been met.”

The inclusion of the word “minimum” in the second sentence is problematic. Minimum F_F and minimum F_L could be confused with minimum local values for flatness (MLF_F) and levelness (MLF_L) as described in ACI 117, Section 4.8.5.3, so better wording would have been: “...suppose your project specification calls for a *specified* overall value for flatness (SOF_F) of 25 and a *specified* overall value for levelness (SOF_L) of 20. The corresponding minimum local values for flatness (MLF_F) and levelness (MLF_L) are typically 60% of these values, or 15.0 and 12.0, respectively.”

A similar issue occurs on p. 38:

“If the overall F_F and F_L values exceed the minimum specified requirements and the minimum local values have not been violated, there is no need for remediation.”

This should be phrased as, “If the overall F_F and F_L values meet or exceed the *specified* overall values and the minimum local values have not been violated, on any minimum local

areas, there is no need for remediation.”

In terms of setting unreasonable expectations, the following statement from p. 38 is the most questionable:

“However, if—as in the example—the overall values meet the specification and the minimum local values don’t, the surface will need remediation in the areas where the minimum local values were out of spec. Additional testing will be required to determine the entire area for remediation.”

This statement is true if minimum local values are not met in a local tested area or areas. Unfortunately, the cited example provides only data from a single run, not a complete test section (minimum local area). Thus, the reader is led to believe that a single run with results below the minimum local value requires remediation for violating the minimum local tolerance value. This is not true.

An individual run can be used solely as data—nothing more. The data might indicate a possibility of an issue with flatness and/or levelness in an area around a particular run, but the data cannot be compared against a specified value. As ACI 117, Commentary Section R4.8.5.3, states, “Acceptance or rejection of a minimum local area requires that data collection within the minimum local area in question meet the requirements of ASTM E1155.” ASTM E1155, Section 7.2.1, specifies that “no test section shall measure less than 8 ft on a side, nor comprise an area less than 320 ft².” Because a single test run represents data from a line (not an area), the data in the example cannot be compared against specified MLF_F and/or MLF_L values.

More information on why one sample measurement line of flatness/levelness cannot be used as a means for rejecting a floor is provided in the July 2008 Concrete Q&A (“Rejecting Floors Based on One Sample Measurement Line,” *Concrete International*, V. 30, No. 7, pp. 83-84).

Darrell L. Darrow, Allflat Consulting, Norfolk, VA

Bryan M. Birdwell, Birdwell and Associates, Lakeland, FL

Editor and author’s response

The writers’ comments are appreciated. We agree that minimum sampling requirements are not discussed in ACI 117 and the reference should have been to ASTM E1155. The use of the word “minimum” when referring to specified overall values (SOF), albeit possibly considered problematic, is a correct term in the sense that the SOF is the lowest value tolerable by the specifier. The error on p. 38 was the result of an unfortunate attempt by the Editor to get more value out of a table. A single test run can’t be compared against an SOF , so the clause, “as in the example,” should not have been included in the discussion.

Rex C. Donahy, American Concrete Institute, Farmington Hills, MI

Mark A. Cheek, Beta Testing & Inspection LLC, Gretna, LA

Concrete Q&A

Rejecting Floors Based On One Sample Measurement Line

Q. *We've just been informed that the owner is rejecting a floor we've recently completed. The basis of the rejection: flatness/levelness measurements taken along one sample measurement line are below the specified minimum value. When minimum F_f/F_L values, as defined in ACI 117-06¹ or ACI 117-90,² are specified for random-traffic floor surfaces, do those minimum values apply to each sample measurement line, as defined in ASTM E1155,³ or do they apply only to the composite of the measurement lines?*

A. Let's first consider what is meant by minimum local values, which are defined only in ACI documents. Section 4.8.5.1 of ACI 117-06, "Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials,"¹ states that specified overall values for flatness (SOF_f) and levelness (SOF_L) shall conform to one of the floor surface classifications shown in Table 1, unless noted otherwise. Section 4.8.5.3 of ACI 117-06 states:

Minimum local values for flatness (MLF_f) and levelness (MLF_L) shall equal 3/5 of the SOF_f and SOF_L values, respectively, unless noted otherwise. Section R4.8.5.3 (the Commentary) of ACI 117-06 states: Acceptance or rejection of a minimum local area requires that data collection within the minimum local area in question meet the requirements of ASTM E1155.

This means that the answer to your question can be found in the data collection requirements of ASTM E1155, "Standard Test Method for Determining F_f Floor Flatness and F_L Floor Levelness Numbers."³ Sections 7.1 through 7.3 of this document define test surface, test section, and sample measurement line as follows:

7.1 *Test Surface*—On any one building level, the entire floor area of interest shall constitute the test surface...

TABLE 1:
FLOOR SURFACE CLASSIFICATIONS IN ACI 117-06¹

Floor surface classification	Specified overall flatness SOF_f	Specified overall levelness SOF_L
Conventional	20	15
Moderately flat	25	20
Flat	35	25
Very flat	45	35
Super flat	60	40

Questions in this column were asked by users of ACI documents and have been answered by ACI staff or by a member or members of ACI technical committees. The answers do not represent the official position of an ACI committee. Only a published committee document represents the formal consensus of the committee and the Institute.

We invite comment on any of the questions and answers published in this column. Write to the Editor, *Concrete International*, 38800 Country Club Drive, Farmington Hills, MI 48331; contact us by fax at (248) 848-3701; or e-mail Rex.Donahey@concrete.org.

Concrete Q&A

7.2 Test Section—A test section shall consist of any subdivision of a test surface satisfying the following criteria:

7.2.1 No test section shall measure less than 8 ft [2.4 m] on a side, nor comprise an area less than 320 ft² [29.7 m²]

7.2.2 No portion of the test surface shall be associated with more than one test section.

7.2.3 When testing a concrete floor, no test section boundary shall cross any construction joint.

7.3 Sample Measurement Line—A sample measurement line shall consist of any straight line on the test surface satisfying the following criteria:

7.3.1 No sample measurement line shall measure less than 11 ft [3.3 m] in length.

7.3.2 No portion of any sample measurement line shall fall within 2 ft [0.6 m] of any slab boundary, construction joint, isolation joint, block-out, penetration, or other similar discontinuity.

Now let's assume, for example, that levelness, and specifically MLF_L, is the value of interest. ASTM E1155 requires a minimum number (N_{min}) of elevation difference readings per test section. N_{min} is calculated as follows

$$N_{min} = 2\sqrt{A} \text{ for } 320 \text{ ft}^2 \leq A \leq 1600 \text{ ft}^2 \quad (\text{in.-lb units}) \quad (1)$$

$$N_{min} = 6.56\sqrt{A} \text{ for } 30 \text{ m}^2 \leq A \leq 150 \text{ m}^2 \quad (\text{SI units})$$

or

$$N_{min} = A/30 \text{ for } A > 1600 \text{ ft}^2 \quad (\text{in.-lb units}) \quad (2)$$

$$N_{min} = A/3 \text{ for } A > 150 \text{ m}^2 \quad (\text{SI units})$$

where A is the test section area in ft² (m²). These readings must be taken along sample measurement lines that are at least 10 ft (3 m) long. Thus, the minimum number of elevation difference readings per test section is independent of the number of sample measurement lines but varies with the size of the test section—larger test sections require a larger number of readings. It's common practice to define a single concrete floor placement as the test section. The single placement can be divided into smaller test sections if desired or specified, but this results in more measurements being required and usually higher measurement costs. Whatever the test section area chosen, the minimum number of readings must be taken as required by ASTM E1155.

A further requirement in Section 8.2.3 of ASTM E1155 is as follows:

8.2.3 The sample measurement lines within each test section shall be arranged so as to blind the test results (to the extent possible) to any surface profile anisotropies resulting from the floor's method of construction. Accomplish this by distributing the sample measurement lines uniformly across the entire test section and either:

8.2.3.1 Orienting all lines at 45° to the longest construction joint abutting the test section, (not corner-to-corner diagonals), ... or

8.2.3.2 Placing equal numbers of lines of equal aggregate length both parallel to and perpendicular to the longest test section boundary.

Using results from only one sample measurement line doesn't blind the test results as required. If sample measurement lines were to be considered separately in determining a floor levelness number, ASTM E1155 would be expected to require that the report include results for each sample measurement line. ASTM E1155 requires only that the F-numbers and associated 90% confidence interval be reported for a particular test section. The rationale for not reporting results on individual lines would seem to be that individual sample measurement lines don't provide enough data to satisfy the statistical requirements of ASTM E1155, nor do they blind the test results as required. Thus, the minimum values don't apply to each sample measurement line. The same reasoning can be used with regard to F_p numbers.

References

1. ACI Committee 117, "Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-06)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2006, 70 pp.
2. ACI Committee 117, "Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials (ACI 117-90) (Reapproved 2002)," American Concrete Institute, Farmington Hills, MI, 2002, 12 pp.
3. ASTM E1155-96, "Standard Test for Determining F_p Floor Flatness and F_L Floor Levelness Numbers (Reapproved 2001)," ASTM International, West Conshohocken, PA, 2001, 8 pp.

ACI members can find this Q&A—and many others related to concrete design and construction—in the Technical Questions section of the Concrete Knowledge Center. Go to www.concrete.org, log in using your ACI username and password, and click on the "Concrete Knowledge Center" button on the right side of the screen.

ANEXO 11
ACI 302. Capítulo 8

pipng and conduit. Proper consolidation around reinforcing steel, post-tensioning anchorages, and embedded elements requires internal vibration, but care should be taken not to use the vibrator for spreading the concrete, especially in deeper sections where over-vibration can easily cause segregation. Restraint of concrete movement by embedded items such as piping and conduits can result in crack formation as the concrete shrinks.

The vibrator head should be completely immersed during vibration. Where slab thickness permits, it is proper to insert the vibrator vertically. On thin slabs, the use of short 5 in. (125 mm) vibrators permits vertical insertion. Where the slab is too thin to allow vertical insertion, the vibrator should be inserted at an angle or horizontally. The vibrator should not be permitted to contact the base because this might contaminate the concrete with foreign materials.

8.3.2 Screeding—Screeding is the act of striking off the surface of the concrete to a predetermined grade, usually set by the edge forms. This should be done immediately after placement. When hand strikeoff is used, a slump of 5 in. (125 mm) or higher should be used to facilitate strikeoff and consolidation of concrete without mechanical methods. Refer to [Section 8.2.3](#) for tools used for screeding.

Of all the floor-placing and finishing operations, form setting and screeding have the greatest effect on achieving the specified grade. Accuracy of the screeding operation is directly impacted by the stability and the degree of levelness of the edge forms or screed guides selected by the contractor. Consequently, care should be taken to match the forming system and the screeding method to the levelness tolerance specified.

Edge forms for slab-on-ground and suspended-slab placements are normally constructed of wood or metal. Some edge forms are constructed of concrete. The spacing between edge forms, and the support provided for them, will influence the accuracy of the screeding operation. Where edge-form spacing exceeds the width of the screed strip, intermediate screed guides can improve the accuracy of the screeding operation. The width of these screed strips will generally vary between 10 and 16 ft (3 and 5 m) and will be influenced by column spacings. Generally, screed strips should be equal in width and should have edges that fall on column lines.

In general, slab-on-ground placements are either block placements or strip placements. Block placements generally have edge dimensions that exceed 50 ft (15 m). Strip placements are generally 50 ft (15 m) or less in width and vary in length up to several hundred feet. Suspended-slab placements are usually block placements. Where wood is used for edge forms, the use of dressed lumber is recommended. The base should be carefully fine-graded to ensure proper slab thickness.

Selection of the type of screed guide to be used for screeding operations is somewhat dependent on placement configuration. The maximum practical width of screed strips for hand screeding is approximately 20 ft (6 m). Where strict elevation tolerances apply, it is wise to limit the width of screed strips. The length of the hand screeding device should not be longer than 16 ft (5 m) and should overlap previously placed strips of wet concrete a minimum of 2 ft (600 mm).

Screeding of strip placements for slabs-on-ground is generally completed using some type of a vibrating screed supported by edge forms. Screeding of block placements for slabs-on-ground is usually accomplished using wet-screed guides, dry-screed guides, a combination of these two, or some type of laser-guided screed. For slabs-on-ground, an elevation change no greater than 3/8 in. (9.5 mm) in 10 ft (3 m), approximately $F_1 35$, can be achieved routinely through use of laser-guided screeds (refer to [Section 8.15](#) for discussion of floor flatness and levelness). Screeding of block placements for suspended slabs is usually accomplished using either wet-screed guides, dry-screed guides, or a combination of the two.

Wet-screed guides, when used between points or grade stakes, are established immediately after placement and spreading; refer to [Section 4.4](#) for setting of dry-screed guides. At the time of floor placement, before any excess moisture or bleed water is present on the surface, a narrow strip of concrete not less than 2 ft (600 mm) wide should be placed from one stake or other fixed marker to another, and straightedged to the top of the stakes or markers; then another parallel strip of concrete should be placed between the stakes or markers on the opposite side of the placement strip. These two strips of concrete, called wet-screed guides, establish grade for the concrete located between the guides. Immediately after wet-screed guides have been established, concrete should be placed in the area between, then spread and straightedged to conform to the surface of the wet-screed guides. The contractor should confirm that proper grade has been achieved following strikeoff. High spots and low spots should be identified and immediately corrected. Low spots left behind should be filled by placing additional concrete in them with a shovel, carefully avoiding segregation. Nonconforming areas should then be rescreeded. Difficulty in maintaining the correct grade of the floor while working to wet-screed guides is an indication that the concrete mixture does not have the proper consistency or that vibration is causing the guides to move.

Elevation stakes placed at regular intervals are one method of establishing grade for wet-screed guides in slab-on-ground construction. As screeding progresses, the stakes can be driven down flush with the base if expendable or pulled out one at a time to avoid walking back into the screeded concrete. This early removal of stakes is one of the big advantages in the use of wet-screeds; in addition, grade stakes are much easier and faster to set than dry-screeds. Screeding should be completed before any excess moisture or bleed water is present on the surface.

The benefits of using wet-screed guides include economical and rapid placement of the concrete. The successful use of wet-screed guides, however, requires careful workmanship by craftspeople who strike off the concrete because vibration can change the elevation of the wet-screed. Wet-screed guides are difficult to use when varying surface slopes are required and can produce inconsistent results when variations in slab thickness are required to compensate for deflection of a suspended slab. Special care is necessary to avoid poor consolidation or cold joints adjacent to wet-screed guides.

ANEXO 12

**Especificaciones FSA, respaldada por la
norma ASTM A6**

DIVISIÓN 1- REQUERIMIENTOS GENERALES

01400 REQUERIMIENTOS DE CALIDAD

01451 *Tolerancias Constructivas*

1. GENERALIDADES

1.1 Resumen

- 1.1.1 En la siguiente sección se detallan los límites permitidos para las tolerancias constructivas de elementos de concreto reforzado. Se describen adicionalmente los criterios de aceptación de fabricación y erección de los elementos estructurales que formarán parte del alcance del proyecto.
- 1.1.2 Además, se indican las tolerancias de las losas de piso y contrapiso de concreto reforzado, con el fin de garantizar la obtención de superficies duraderas, planas y no agrietadas.

1.2 Normas de Construcción del Concreto y Capítulos Relacionados

- 1.2.1 Los elementos de concreto reforzado, en sus dimensiones, deberán cumplir con los límites de tolerancia que establece el **Building Code Requirements for Reinforced Concrete ACI 318** (Código de Construcción para Concreto Reforzado ACI 318), última revisión y el informe del Comité **ACI 301 Specifications for Structural Concrete for Buildings** (Especificaciones para Concreto Estructural para Edificios), última revisión.
- 1.2.2 Adicionalmente, se utilizarán las últimas revisiones de las siguientes especificaciones para la construcción de elementos de concreto reforzado:
 - a) **ACI 117- Standard Specifications for Tolerances for Concrete Construction and Materials** (Especificaciones Estándar de Tolerancias para la Construcción de Concreto y Materiales)
 - b) **ACI 302- Guide for Concrete Floor and Slab Construction** (Guía para la Construcción de Pisos de Concreto y Losas de Piso)
 - c) **ACI 332- Guide to Residential Cast-in-Place Concrete Construction** (Guía para la Construcción Residencial con Concreto Colado en Sitio)
 - d) **ACI 347- Guide to Formwork for Concrete** (Guía de Encofrado del Concreto)
- 1.2.3 La fabricación y erección de los elementos estructurales de concreto prefabricado y preesforzado se realizará según las recomendaciones del **Precast/ Prestressed Concrete Institute** en su norma **Design Handbook** (Manual de Diseño del PCI- Instituto del Concreto Prefabricado/ Preesforzado, en su última edición).
- 1.2.4 Se consideran también incluidas en estas especificaciones y por lo tanto obligatorias, todas aquellas normas y especificaciones de la **American Society for Testing and Materials (ASTM - Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)**, mencionadas en estas especificaciones y en los códigos antes citados.

1.2.5 Los capítulos del documento de Especificaciones Técnicas, relacionados con la presente sección, son los siguientes:

- a) **Sección 3.100 Encofrado del Concreto**
- b) **Sección 3.210 Losas de Piso**
- c) **Sección 3.300 Concreto Colado en Sitio**

1.3 Normas de Construcción del Acero y Capítulos Relacionados

1.3.1 La fabricación y erección de elementos de acero se realizará siguiendo las indicaciones de la **American Institute of Steel Construction (AISC-** Instituto Americano para la Construcción de Acero), en su **Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges** (Código de Práctica Estándar para Edificios y Puentes de Acero).

1.3.2 Para la soldadura de los elementos de la estructura de acero se seguirán las especificaciones de la **American Welding Society (AWS-** Sociedad Americana de Soldadura) en su norma **D1.1: Structural Welding Code- Steel** (Código para Soldadura Estructural de Acero).

1.3.3 Se consideran también incluidas en estas especificaciones y por lo tanto obligatorias, todas aquellas normas y especificaciones de la **American Society for Testing and Materials (ASTM -** Sociedad Americana para Pruebas y Materiales), mencionadas en estas especificaciones y en los códigos antes citados.

1.3.4 En específico, se utilizará la última revisión de la especificación **ASTM A-6: Standard Specification for General Requirements for Roll Structural Steel Bars, Plates, Shapes, and Sheet Piling** (Especificación Estándar para Requerimientos Generales de Varillas de Acero, Placas, Secciones y Tablestacados).

1.3.5 Esta sección del documento de Especificaciones Técnicas se utilizará en conjunto con la **Sección 5.120 Acero Estructural**.

2. PROCEDIMIENTO

2.1 **El Contratista** deberá establecer y mantener en una condición inalterada, sin repello u otros acabados, hasta la terminación y aceptación de la obra, suficientes puntos de control y bancos de nivel, como referencia para la revisión de las tolerancias constructivas.

2.2 Bajo ninguna condición se permitirá extender una porción del edificio fuera de los límites legales del proyecto y la propiedad.

2.3 Las variaciones permisibles de plomo y líneas de edificio designadas para porciones de edificio superiores a 30 m de altura serán especificadas en los documentos de contrato.

3. TOLERANCIAS PARA SUPERFICIES FORMADAS DE CONCRETO REFORZADO

El Contratista deberá ejecutar todo el trabajo de hormigón y encofrado con variaciones dimensionales dentro de las tolerancias descritas en la siguiente tabla o las indicadas por **El Inspector**:

Tabla 1: Tolerancias Constructivas de Elementos de Concreto

<i>Descripción</i>	<i>Tolerancia</i>
1. Variación en plomo: A. En las líneas y superficies de columnas, pilares, muros y esquinas Cada 3.0 m de longitud Máxima para toda la longitud B. Para esquinas expuestas de columnas y juntas de control Cada 6.0 m de longitud Máxima para toda la longitud	6.4 mm 25.4 mm 6.4 mm 12.7 mm
2. Variación desde el nivel o la grada especificada en los documentos de contrato: A. En fondo de losas, cielo rasos, fondo de vigas y esquinas, medidos previamente a la eliminación del apuntalamiento Cada 3.0 m de longitud Cada vano o 6.0 m de longitud Máxima para toda la longitud B. En umbrales, largueros, parapetos, ranuras horizontales y otras líneas expuestas Cada vano o 6.0 m de longitud Máxima para toda la longitud	6.4 mm 9.5 mm 19.1 mm 6.4 mm 12.7 mm
3. Variación en la alineación de edificios desde posiciones establecidas en planos y posiciones correspondientes de columnas, muros y particiones En cualquier vano Cada 6.0 m de longitud Máxima para toda la longitud	12.7 mm 12.7 mm 25.4 mm
4. Variación en el tamaño y ubicación de terminales, aberturas de piso y aberturas de pared	± 6.4 mm
5. Variación en las dimensiones de la sección transversal de columnas y vigas, y en el espesor de losas y muros Reducción en dimensión Incremento en dimensión	6.4 mm 12.7 mm
6. Fundaciones A. Variaciones en las dimensiones en planta Reducción en dimensión Incremento en dimensión	12.7 mm 50.8 mm

<i>Descripción</i>	<i>Tolerancia</i>
B. Desplazamiento o excentricidad 2% en la dirección del ancho de la fundación en la dirección del desplazamiento pero no mayor a	50.8 mm
C. Espesor Reducción en el espesor especificado Incremento en el espesor especificado	5% No limitado
7. Variaciones en escaleras	
A. En una sola grada Contra huella Huella	± 3.2 mm ± 6.4 mm
B. En gradas consecutivas Contra huella Huella	± 1.6 mm ± 3.2 mm

4. TOLERANCIAS PARA LOSAS DE CONCRETO REFORZADO

4.1 Generalidades

- 4.1.1 **El Contratista** deberá ejecutar la construcción de losas de contrapiso y entrepiso de concreto reforzado con las tolerancias constructivas especificadas en planos o documentos contractuales.
- 4.1.2 Si no se especifica en los documentos contractuales las tolerancias constructivas, **El Contratista** deberá cumplir con los coeficientes especificados en los **Incisos 4.1 y 4.2**, según el uso asignado para la losa de concreto y siguiendo las recomendaciones de la norma **ACI-302**.
- 4.1.3 Si en los documentos contractuales se indican acabados de losas de piso Clase A, B o C, estos tendrán las siguientes tolerancias constructivas:
- Los acabados de Clase A serán superficies planas con una curvatura máxima de 3.0 mm en 3.0 m, determinada mediante un codal de 3.0 m de longitud, ubicado en cualquier dirección de la losa.
 - Los acabados de Clase B serán superficies planas con una curvatura máxima de 6.0 mm en 3.0 m, determinada mediante un codal de 3.0 m de longitud, ubicado en cualquier dirección de la losa.
 - Los acabados de Clase C serán superficies planas con una curvatura máxima de 6.0 mm en 0.6 m, determinada mediante un codal de 0.6 m de longitud, ubicado en cualquier dirección de la losa.
- 4.1.4 **El Contratista** tomará las medidas correspondientes para cumplir con las tolerancias debido a las deformaciones elásticas del sistema de vigas de acero.

4.2 Losas de Contrapiso

Las losas de piso sobre terreno se construirán con las tolerancias constructivas definidas en la siguiente tabla por los números F_F - Coeficiente de planicidad y F_L - Coeficiente de nivelación.

Tabla 2: Tolerancias Constructivas para Losas de Contrapiso

<i>Uso Típico</i>	<i>Coeficiente de Planicidad (F_F)</i>	<i>Coeficiente de Nivelación (F_L)</i>	<i>Clase Típica (Ver ACI 302)</i>
No crítico: cuartos mecánicos, áreas no públicas, superficies con piso para computadoras, superficies con adoquines gruesos y losas para estructuras de parqueo.	20	15	1 o 2
Áreas alfombradas en edificios de oficinas comerciales o edificios de oficinas/ industriales con tráfico liviano.	25	20	2
Pisos de acabado delgado o pisos de naves industriales con tráfico liviano o moderado.	35	25	2,3,4,5,6,7 o 8
Naves industriales con usos de traslado de mercadería o materia prima de tipo especial (colchón de aire, hielo, rodines)	45	35	9
Estudios de cine o televisión	> 50	> 50	3 o 9

4.3 Losas de Entrepiso

Las losas de entrepiso se construirán con las tolerancias constructivas definidas en la siguiente tabla por los números F_F - Coeficiente de planicidad y F_L - Coeficiente de nivelación.

Tabla 3: Tolerancias Constructivas para Losas de Entrepiso

<i>Uso Típico</i>	<i>Coeficiente de Planicidad (F_F)</i>	<i>Coeficiente de Nivelación (F_L)</i>	<i>Clase Típica (Ver ACI 302)</i>
No crítico: cuartos mecánicos, áreas no públicas, superficies con piso para computadoras, superficies con adoquines gruesos y losas para estructuras de parqueo.	20	15 ² o No Aplica	1 o 2
Áreas alfombradas en edificios de oficinas comerciales o edificios de oficinas/ industriales con tráfico liviano.	25	20 ¹ o No Aplica	2
Pisos de acabado delgado o pisos de naves industriales con tráfico liviano o moderado.	35	20 ² o No Aplica	2,3 o 4
Estudios de cine o televisión	> 50	> 50 ^{1,3}	3 o 9

Notas:

1. Calidad multidireccional de este nivel requiere del afilado de juntas.
2. El número de planicidad F aplica únicamente para losas niveladas apuntaladas durante el tiempo de medición.
3. Esta calidad de nivelación en una losa de entrepiso requiere que esta se apoye en dos direcciones.

5. TOLERANCIAS DE CONSTRUCCIÓN DE ELEMENTOS DE CONCRETO PREFABRICADO Y PREESFORZADO

5.1 Generalidades

- 5.1.1 El diseñador deberá tomar en cuenta estas tolerancias y sus posibles resultados combinados, para definir el tamaño y los criterios de aceptación mínimos.
- 5.1.2 No se aceptará ningún elemento que incumpla la longitud mínima de soporte definida por el diseñador.

5.2 Tolerancias de Fabricación

- 5.2.1 La fabricación de elementos de concreto preesforzado se realizará según las recomendaciones del **PCI- Design Handbook**, en su última revisión.
- 5.2.2 **El Contratista** deberá suministrar los planos de taller y montaje de todos los elementos prefabricados de la obra y podrá proceder con su fabricación únicamente con la aprobación de **El Inspector**.
- 5.2.3 **El Contratista** deberá proveer un sistema de control de calidad para el proceso de fabricación de los elementos de concreto, con el fin de verificar las dimensiones de los elementos y la ubicación de los tendones y alambres de preesfuerzo, según planos de taller.
- 5.2.4 Las variaciones dimensionales de los elementos prefabricados serán aceptadas únicamente si se garantiza la integridad estructural y comportamiento deseado de la edificación, se tiene facilidad constructiva durante la conexión y empates de elementos y si el aspecto arquitectónico de la estructura terminada es satisfactorio.
- 5.2.5 Las tolerancias de fabricación de los elementos de concreto serán las definidas en la siguiente tabla o las indicadas en los documentos de contrato.

Tabla 4: Tolerancias de fabricación de elementos de concreto prefabricado y preesforzado

<i>Descripción</i>	<i>Tolerancia</i>
Variación en longitud total de elemento	
Muros y columnas	± 12.7 mm
Vigas de entrepiso y techo	± 19 mm
Losas extruidas y viguetas	± 12.7 mm
Paneles de fachada	±6.4 mm
Variación en espesor de paneles de fachada	
Reducción en dimensión	3.2 mm
Incremento en dimensión	6.4 mm
Variación en peralte	
Vigas de entrepiso y techo	± 6.4 mm
Losas extruidas y viguetas	± 6.4 mm

<i>Descripción</i>	<i>Tolerancia</i>
Contraflecha máxima	
Losas extruidas y viguetas	20 mm
Vigas de entrepiso y techo	30 mm
Alabeo máximo de paneles de fachada	L/200
Curvatura en paneles de fachada	
Máxima para toda la longitud	L/360
Diferencia máxima entre paneles adyacentes	± 12.7 mm
Irregularidades locales en superficies planas	
Cada 3.0 m de longitud de elemento	± 6.4 mm

5.3 Tolerancias para Erección de Elementos Prefabricados

- 5.3.1 La erección de elementos prefabricados de concreto se realizará según las recomendaciones del **PCI- Design Handbook**, en su última revisión.
- 5.3.2 Se podrá proceder con el proceso de erección de los elementos prefabricados, únicamente con la aprobación de **El Inspector**, luego de revisar las dimensiones resultantes de los elementos prefabricados y el cumplimiento con las tolerancias constructivas. La ubicación final de los elementos prefabricados será el producto de las tolerancias de fabricación y erección.
- 5.3.3 Las tolerancias para la erección de elementos prefabricados de concreto serán las definidas en la siguiente tabla o las indicadas por **El Inspector**:

Tabla 5: Tolerancias para erección de elementos de concreto prefabricados y preesforzados

<i>Descripción</i>	<i>Tolerancia</i>
Variación en la ubicación de cualquier elemento en el plano (X-Y)	± 12.7 mm
Variación en la posición con respecto a los ejes del edificio	
Vigas o columnas con longitud o separación máxima de 6.0 m	± L/500
Vigas o columnas con longitud o separación mayor a 6.0 m	± 12.7mm
Diferencia en posición relativa de columnas adyacentes	± 12.7 mm
Variación en el plomo	
Cada 3 m de longitud	± 6.4 mm
Máxima para toda la longitud	± 25 mm
Variación en la elevación de elementos de carga	± 12.7 mm
Variación en elevación de elementos de carga con respecto a los niveles especificados del edificio	
Vigas o columnas con longitud o separación máxima de 6.0 m	± L/500
Vigas o columnas con longitud o separación mayor a 6.0 m	± 12.7 mm

<i>Descripción</i>	<i>Tolerancia</i>
Variación en la longitud de soporte	± 19 mm
Variación en el ancho de soporte	± 12.7 mm
Longitud mínima de apoyo	
Losa extruida	75 mm
Viguetas pretensadas	50 mm
Vigas de entrepiso y techo	38 mm

6. TOLERANCIAS DE FABRICACIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL

6.1 Tolerancias de Fabricación

- 6.1.1 La variación en la longitud total de elementos cuyas uniones se realicen mediante placas por contacto en sus extremos será menor o igual a 1mm.
- 6.1.2 Para todos los otros elementos que se conectan a elementos estructurales de acero, con una longitud menor a 9.0 m, la variación en la longitud total será menor o igual a 2 mm.
- 6.1.3 Para elementos con una longitud mayor o igual a 9.0 m, la variación será menor o igual a 3 mm.

6.2 Elementos Estructurales Rectos

- 6.2.1 Para elementos estructurales rectos, no sometidos a compresión, laminados o soldados, la variación en el alineamiento ("Straightness") será menor o igual a la indicada para elementos de ala ancha en la norma **ASTM A-6** o la especificada en los documentos del contrato.
- 6.2.2 Para elementos estructurales rectos sometidos a compresión, laminados o soldados, la variación en el alineamiento ("Straightness") será menor o igual a 1/1000 la distancia axial entre puntos de soporte.

6.3 Elementos Estructurales Curvos

- 6.3.1 Para elementos estructurales curvos, la variación de la curvatura teórica será menor o igual a la especificada en la norma **ASTM A-6**.
- 6.3.2 En todos los casos, los elementos completos no podrán tener torceduras, deflexiones y juntas abiertas. **El Inspector** podrá rechazar elementos con defectos similares.

6.4 Vigas sin Detalle de Contraflecha

Las vigas de carga y vigas en celosía que no se detallen con una contraflecha específica serán detalladas en taller e instaladas para que la contraflecha accidental quede hacia arriba.

6.5 Vigas con Detalle de Contraflecha

- 6.5.1 Cuando se especifique contraflecha en documentos contractuales, las vigas recibidas del fabricante con un 75% de la contraflecha especificada no recibirán una contraflecha adicional.
- 6.5.2 Para vigas con una longitud menor o igual a 15.0 m y cuya contraflecha es menor al 75% de la requerida, la variación en la longitud del elemento será menor o igual a menos 0 y más 13 mm.
- 6.5.3 Para vigas con una longitud mayor a 15.0 m, y cuya gcontraflecha es menor al 75% de la requerida, la variación en la longitud del elemento será menor o igual a menos 0 y más 13 mm, más 3 mm por cada 3 m o una fracción de la longitud.
- 6.5.4 Para vigas de celosía fabricadas, especificadas con contraflecha en los documentos de contrato, la variación en la contraflecha será menor o igual a 1/800 la distancia entre el punto de medición y el apoyo.
- 6.5.5 La contraflecha será medida por **El Inspector** en el taller del fabricante en una condición no esforzada.

6.6 Tolerancias de Peralte de Secciones

- 6.6.1 Cuando las variaciones permisibles en el peralte de vigas de carga y entrepiso resulten en cambios abruptos en el peralte de los empalmes, las desviaciones deberán ser corregidas.
- 6.6.2 En el caso de empalmes emperrados, la variación en el peralte será corregida con placas de relleno.
- 6.6.3 Para empalmes soldados, la soldadura será modificada para ajustarse a los cambios en el peralte. La sección transversal de la soldadura será suministrada y la pendiente de la superficie de la soldadura cumplirá con los requerimientos de la **AWS D1.1**.

7. TOLERANCIAS PARA ERECCIÓN DE ELEMENTOS DE ACERO ESTRUCTURAL

7.1 Definiciones

Las tolerancias de erección serán definidas en relación con los puntos y líneas de trabajo del elemento, definidos a continuación:

- a) Para elementos no horizontales, el punto de trabajo será el centro de la sección transversal del elemento, en cada extremo de la pieza.
- b) Para elementos horizontales, el punto de trabajo será el centro de la superficie o ala superior, en cada extremo de la pieza.
- c) La línea de trabajo de los elementos será la línea recta que une los puntos de trabajo del elemento.

7.2 Tolerancias de Posición y Alineamiento de Columnas

- 7.2.1 Para una columna individual, la variación angular de la línea de trabajo con respecto a la línea del plomo será menor o igual a 1/500 de la distancia entre puntos de trabajo.
- 7.2.2 Para una columna individual, adyacente a un eje de elevador, el desplazamiento de los puntos de trabajo del miembro será menor o igual a 25 mm de la línea de columna establecida, en los primeros 20 pisos del edificio.

- 7.2.3 Para una columna individual exterior, el desplazamiento de los puntos de trabajo de la línea de columna establecida, en los primeros 20 pisos del edificio, será menor o igual a 25 mm hacia y 50 mm fuera de la línea del edificio.
- 7.2.4 En edificios de varios pisos, la envolvente horizontal de los puntos de trabajo de cada columna individual exterior, paralela a la línea del edificio, deberá ser menor o igual a 38 mm de ancho para edificios de hasta 90 m de altura.

7.3 Tolerancias de Posición y Alineamiento de Otros Elementos

- 7.3.1 Para un elemento diferente a una columna o viga en voladizo, la variación en el alineamiento será aceptable, si es causada únicamente por variaciones en el alineamiento de la columna o elemento soportante primario que se encuentran dentro del rango permisible de variaciones para la fabricación y erección de esos elementos.
- 7.3.2 Para un elemento individual que se conecta a una columna, la variación en la distancia desde los puntos de trabajo del elemento a la línea de columna terminada superior, deberá ser menor o igual a más 5 mm y menos 8 mm.
- 7.3.3 Para un elemento individual que no se conecta a una columna, la variación en elevación será aceptable, si es causada únicamente por variaciones en la elevación de los elementos soportantes.
- 7.3.4 Para un elemento individual que consiste de un segmento de un elemento armado con empalmes entre puntos de soporte realizados en sitio, el plomo, elevación y alineamiento serán aceptables, si la variación angular de la línea de trabajo del alineamiento en planos es menor o igual a 1/500 de la distancia entre puntos de trabajo.
- 7.3.5 Para un elemento en voladizo, el plomo, elevación y alineamiento serán aceptables, si la variación angular de la línea de trabajo de una línea horizontal, extendida desde el punto de trabajo en el apoyo, es menor o igual a 1/500 la distancia desde el punto de trabajo en el extremo libre.
- 7.3.6 Para un elemento de forma irregular, el plomo, elevación y alineamiento serán aceptables, si se encuentran dentro de su tolerancia y los elementos soportantes cumplen con sus respectivas tolerancias.

7.4 Tolerancias de Posición y Alineamiento de Elementos Ajustables

- 7.4.1 La variación en la distancia vertical desde la línea de empalme superior terminado, de la columna más cercana, al punto de apoyo indicado en los planos, será menor o igual a 10mm.
- 7.4.2 La variación en la distancia horizontal desde la línea de acabado establecida en el piso particular será menor o igual a 10 mm.
- 7.4.3 La variación en la alineación vertical y horizontal de los extremos adyacentes de elementos ajustables será menor o igual a 5 mm.

FIN DE SECCION

ANEXO 13

Manual Tolerancias para edificaciones, Capitulo Paredes Livianas



9. Enlucidos de yeso

9.1. ALCANCE

Esta ficha describe las tolerancias para enlucidos de yeso.

9.2. TOLERANCIAS

Para la aplicación de esta ficha los elementos horizontales y verticales (paramentos, cielos, pisos, etc.) deben cumplir con las tolerancias indicadas en las fichas correspondientes de este manual.

9.2.1. TOLERANCIA DE ENLUCIDOS DE YESO

9.2.1.a. Tolerancias

TABLA 1. TOLERANCIAS PARA ENLUCIDOS DE YESO	
Planeidad	± 3 mm medido con regla de 1,2 metros o más, para muros y cielos, en cualquier dirección. (Fig. 1)
Linealidad de aristas:	± 3 mm por metro (Fig. 1)
Verticalidad de aristas:	± 2 mm por metro (Fig. 1)
Cuadratura de esquinas, internas y externas:	3 mm con escuadra de 30 cm. (Fig 1)

3.2.2.b. Verificación de las tolerancias

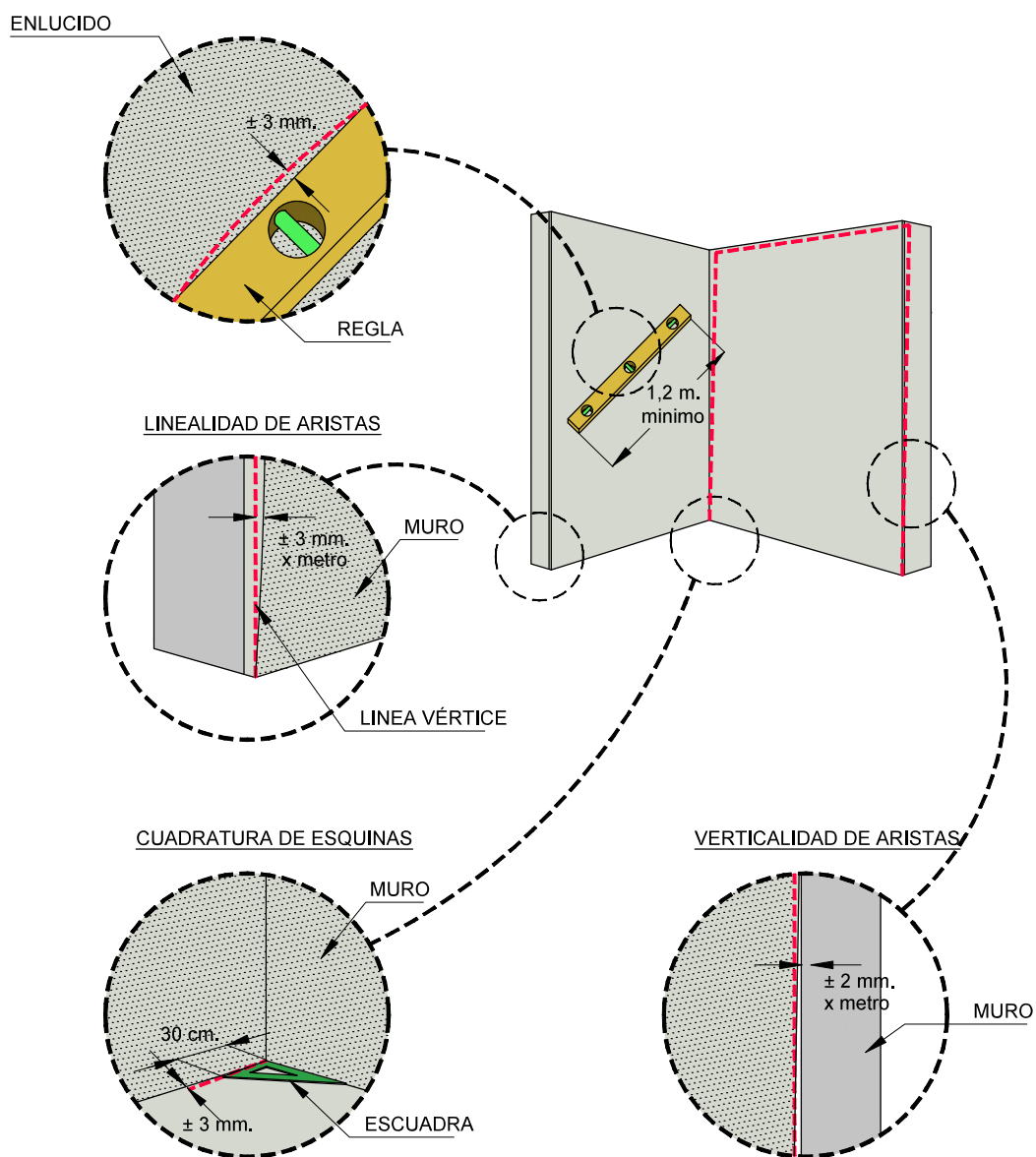
La planeidad se mide utilizando una regla de 1,2 metros, ubicada en cualquier dirección sobre la superficie a evaluar. Con un instrumento graduado, se mide la separación entre la superficie y la regla.

La linealidad de aristas, se mide con un instrumento graduado, utilizando trazos auxiliares, determinando la diferencia entre la superficie enlucida y la línea del vértice.

La verticalidad de aristas, se mide ubicando un nivel de burbuja, indicando posición vertical. Se mide la diferencia entre el borde del nivel y la superficie enlucida.

La cuadratura de esquinas internas y externas, se mide utilizando escuadra de 30 cm. identificando la distancia entre el muro y la escuadra, se debe verificar eligiendo puntos en diferentes ubicaciones o haciendo un barrido en todo el encuentro.

FIGURA 1.
TOLERANCIAS PARA ENLUCIDOS DE YESO



ANEXO 14

Manual Tolerancias para edificaciones, Capitulo Ventanería

13. Ventanas

13.1. ALCANCE

Esta ficha describe las tolerancias para marcos y hojas de ventanas materializadas en aluminio o PVC. Las tolerancias aquí indicadas complementan las especificaciones del proyectista de la obra, referidas a requisitos tales como estanqueidad, permeabilidad, resistencia, estético u otro. Las tolerancias indicadas no aplican si el conjunto marco hoja de ventana no permiten su correcta funcionalidad.

13.2. TOLERANCIAS

13.2.1. TOLERANCIAS DE ASPECTO EN MARCOS Y HOJAS DE VENTANAS

13.2.1.a. Tolerancias

TABLA 1. TOLERANCIAS DE ASPECTO EN MARCOS Y HOJAS DE VENTANAS

Manchas, rayas, abolladuras o decoloraciones	Puntuales y no más de dos por componente siempre que no sean visibles a una distancia perpendicular a la ventana de 1,5 m (Se entiende por componente a cada uno de los perfiles que constituyen un lado de las hojas o del marco de la ventana)
--	--

13.2.1.b. Verificación de las tolerancias

Para verificar la presencia de manchas, rayas, abolladuras o decoloraciones, se debe ubicar el observador, a una distancia perpendicular de 1,5 metros de la ventana.

13.2.2. TOLERANCIAS EN LA COLOCACIÓN DE HOJAS Y MARCO DE VENTANAS

13.2.2.a. Tolerancias

TABLA 2. TOLERANCIAS EN LA COLOCACIÓN DE HOJAS Y MARCO DE VENTANAS

Paralelismo entre hojas y entre marco y hojas	± 2 mm, Estando cerrada no debe verse luz entre el marco y perfil de la hoja ni entre las hojas que constituyen la ventana
---	---

13.2.2.b. Verificación de las tolerancias

En marcos y hojas de ventanas ya instaladas y cerradas, se debe medir con un instrumento graduado, la distancia entre los bordes laterales y superior de las hojas de la ventana con el marco o entre hojas.

Para ventanas de dos hojas, manteniendo las hojas cerradas, se mide con un instrumento graduado, la distancia entre los bordes adyacentes de ambas hojas. Esta distancia no debe presentar variaciones en su longitud, superiores a la tolerancia indicada.

13.2.3. TOLERANCIAS PARA VIDRIOS DE VENTANAS

13.2.3.a. Tolerancias

TABLA 3. CRITERIO DE EVALUACIÓN

Tamaño del defecto lineal Intensidad: Longitud	Vidrios corrientes incolores	Vidrios tinteados y reflectivos
Débil	Permitido	Permitido
Leve ≤ 75 mm	Permitido	Permitido
Leve > 75 mm	Permitido	No Permitido
Media ≤ 75 mm	Permitido con un mínimo de separación de 600mm	No Permitido
Media > 75 mm	No Permitido	No Permitido
Alta	No Permitido	No Permitido



TABLA 4. INTENSIDAD DE FALLAS

Distancia de Detección	Intensidad del Defecto
Sobre 3,3 m	Alta
Desde 3,3 m a 1,01 m	Media
Desde 1 m a 0,2 m	Leve
Menos de 0,2 m	Débil

13.2.3.b. Verificación de las tolerancias

La detección de fallas (rayas, burbujas, manchas, etc.) se realizará conforme al procedimiento descrito en la norma ASTM 1036-01 para la detección de fallas lineales, que se presenta a continuación:

- La muestra se coloca en posición vertical, frente al observador.
- El observador se ubica aproximadamente a 4 metros de la muestra.

- El observador mira a través de la muestra en un ángulo de 90°.

- La detección de fallas se realiza con luz de día (sin luz solar directa) u otra uniformemente difundida de fondo, simulando luz de día, con un mínimo de iluminancia de 160 pie-candela (1722 lux).

- Desde los 4 metros, el observador se acerca a la muestra hasta detectar una falla. La distancia del observador a la superficie del vidrio, cuando la falla es perceptible, se define como la distancia de detección.

- La intensidad de la falla es determinada, comparando la distancia de descubrimiento con la tabla de Intensidad de Fallas.

La longitud de la falla, es determinada midiendo la distancia perpendicular entre los extremos de la falla.

FIGURA 1.
MANCHAS, RAYAS O DECOLORACIONES
EN MARCOS

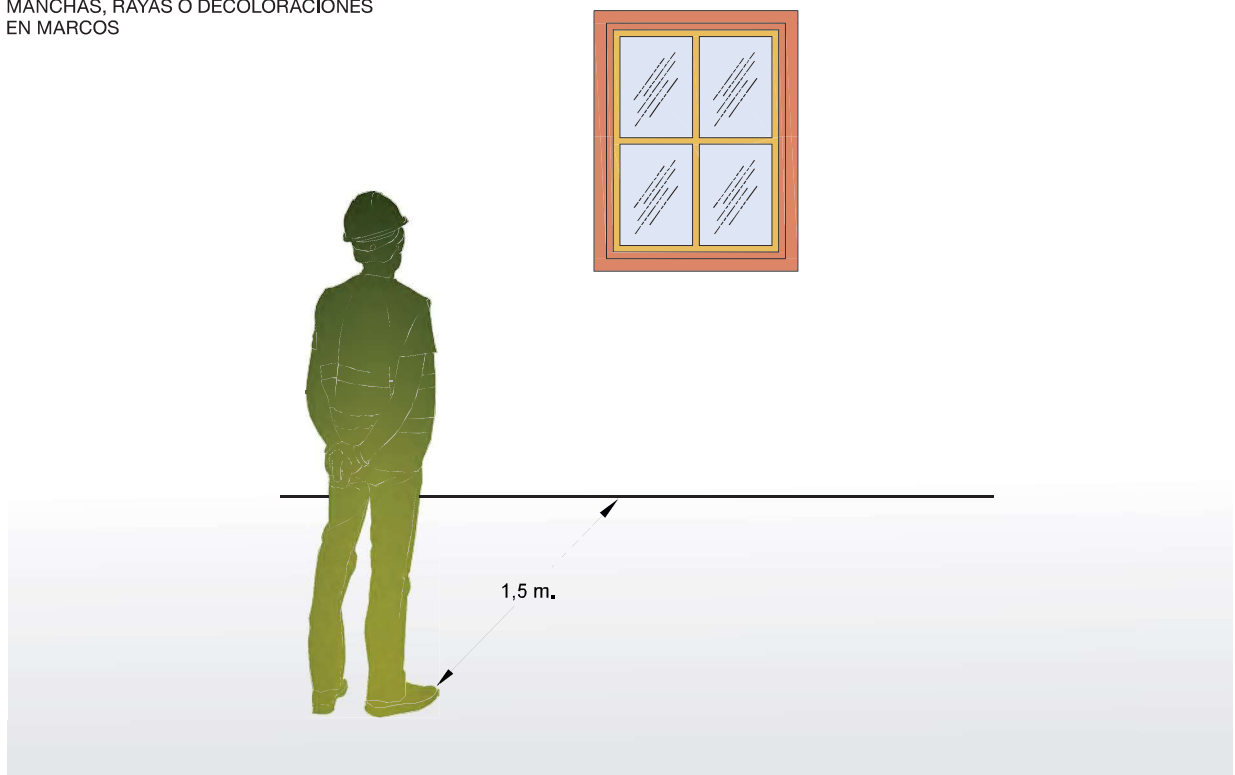


FIGURA 2.
PARALELISMO ENTRE HOJAS Y MARCO

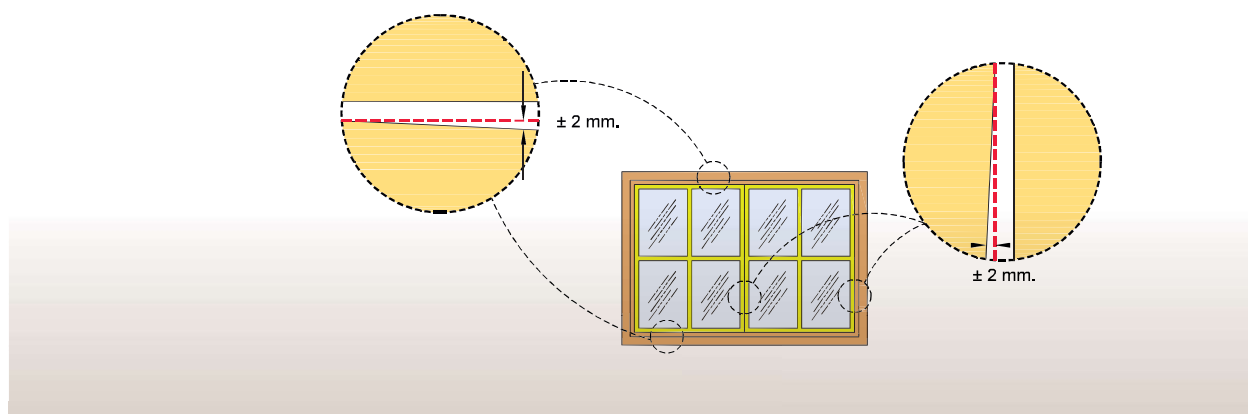
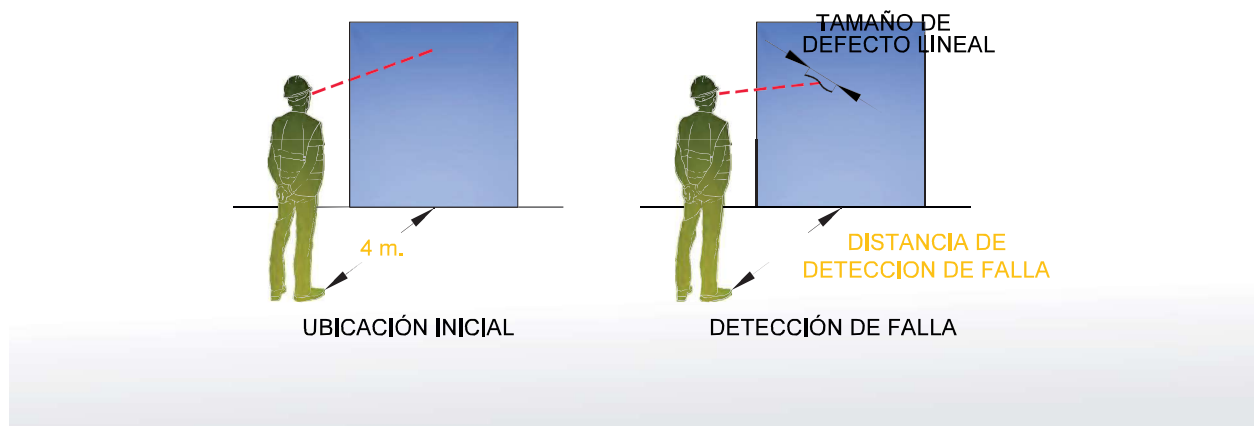


FIGURA 3.
VIDRIOS DE VENTANAS



REFERENCIAS

- NCh 355.Of 1957, Ventanas de madera, Instituto Nacional de Normalización, INN – Chile, reimpresión 1999.
- NCh 446.Of 2000, Arquitectura y construcción – Puertas y ventanas – Terminología y clasificación, Instituto Nacional de Normalización, INN – Chile, 2000.
- NCh 447.Of 2000, Carpintería – Modulación de ventanas y puertas, Instituto Nacional de Normalización, INN – Chile, 2000.
- NCh 523.Of 2001, Carpintería de aluminio – Puertas y ventanas – Requisitos, Instituto Nacional de Normalización, INN – Chile, 2001.
- NCh 2496.Of 2000, Arquitectura y construcción – Ventanas – Instalación en obra, Instituto Nacional de Normalización, INN – Chile, 2000.
- David Kent Ballast, "Handbook of Construction Tolerances" second edition, 2007 John Wiley & Sons, Inc.
- Indalum, Manual de Instalación 2006, Armador Acreditado, 2ª Edición, Noviembre 2006.
- ASTM C 1036-01 Standard Specification for Flat Glass.

ANEXO 15

**Manual de diseño Instituto Concreto
prefabricado – Referencia tolerancias
contraflechas sección 13.2.8**

13.2.8 Warping and Bowing

Warping and bowing tolerances affect panel-edge match-up during erection and the appearance of the erected components. These tolerances are especially critical with architectural precast concrete panels. Warping is a deviation from plane in which the corners of the panel do not fall within the same plane. Warping tolerances are given in terms of corner deviations (Fig. 13.2.1). The allowable deviation from the nearest adjacent corner is $1/16$ in. per ft.

Bowing differs from warping in that two opposite edges of a panel may fall in the same plane, but the portion of the panel between the edges is out of plane (Fig. 13.2.2). Bowing tolerance is $L/360$, where L is the length of panel. Maximum tolerance on differential bowing between panels of the same design is $1/2$ in.

The effects of differential temperature and moisture absorption between the inside and outside of a panel and the prestress eccentricity should be considered in design of the panel and its connections. Pre-erection storage conditions may also affect warping and bowing (see Sections 5.8.5 and 8.4.2).

Thin panels are more likely to bow than thick panels, and the tolerances for thinner panels should be more liberal. Similarly, panels made from concrete with a maximum aggregate size greater than $3/4$ in., panels using two significantly different concretes, and veneered and insulated panels may require special consideration. In all cases, the regional pre-caster should be consulted regarding overall economic and construction feasibility.

13.2.9 Smoothness

Local smoothness describes the condition where small areas of the surface may be out-of-plane (Fig. 13.2.3). The tolerance for this type of variation is $1/4$ in. per 10 ft for all products. The tolerance is usually checked with a 10 ft straight edge or the equivalent, as explained in Fig. 13.2.3.

13.2.10 Architectural Panels versus Structural Products

When discussing tolerances, an architectural panel refers to a class of specified tolerances, not necessarily to the use of the component in the final structure. Architectural panels usually require more restrictive tolerances than structural components for aesthetic reasons. These types of panels are produced in PCI-Certified plants that have an A1 certification. Structural products such as load-bearing spandrel panels, insulated sandwich panels, double-tees, hollow-core units, and solid slabs are often used for exterior facades but are not considered architectural panels. Because of the production method used, structural products with an applied architectural finish have the same tolerance requirements that they would have if they were made without an aesthetic finish. Many structural products are larger than typical architectural panels and require the larger tolerances given in MNL-116-99. Also, structural panels with architectural finishes often carry substantial loads, as in the case of a spandrel panel of a parking garage. These type of panels need to have the larger tolerances specified for structural panels because

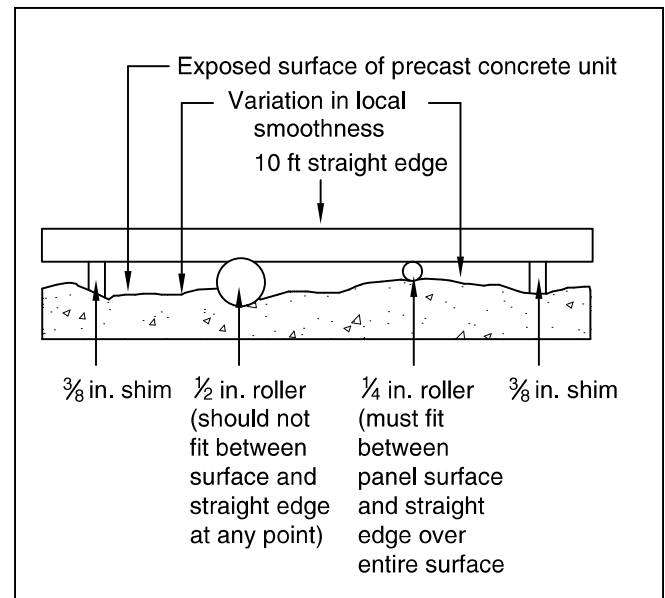


Fig. 13.2.3 Local smoothness variation.

they are produced by the same people, using the same type of formwork as plain, gray structural panels. Structural panels with an architectural finish are made in PCI-Certified plants that have a C-A certification. If more restrictive tolerances are required, they must be clearly indicated in the contract documents, and the subsequent increased costs should be considered.

13.3 Erection Tolerances

13.3.1 General

Erection tolerances are those to which the primary control surfaces of the component should be set. The final location of other features and surfaces will be the result of the combination of the erection tolerances given in this section and the product tolerances given in Section 13.2. Table 13.3.1 lists erection tolerances for interface design of precast and cast-in-place concrete components. Table 13.3.2 lists recommended clearances.

Because erection depends on the equipment used and site, there may be good reasons to vary some of the recommended tolerances to account for unique project conditions. In general, the more restrictive the erection tolerances are, the higher the cost of erection will be. To minimize erection problems, the dimensions of the in-place structure should be checked prior to starting erection. After erection, and before other trades interface with the precast concrete components, it should be verified that the precast concrete components are erected within tolerances.⁶

Referencias

- National Association of Home Builders NAHB. Single Family Committee. 2005. **RESIDENTIAL CONSTRUCTION PERFORMANCE GUIDELINES FOR PROFESSIONAL BUILDERS**. Library of Congress Washington DC.
- Kubal, M. 2008. **CONSTRUCTION WATERPROOFING HANDBOOK**. McGraw Hill.
- Kent, D. 2007. **HANDBOOK OF CONSTRUCTION TOLERANCES**. John Wiley & Sons.
- Cámara Chilena de la Construcción. Corporación de Desarrollo Tecnológico. 2017. **MANUAL DE TOLERANCIAS PARA LAS EDIFICACIONES**. Trama Impresiones S. A.
- AIA National – AIA California Council. 2007. Integrated Project Delivery: A guide. **THE AMERICAN INSTITUTE OF ARCHITECTS**.
- Peace, J. 2007. Integrated project delivery. An action guide for leaders. **INTGRATED PROJECT DELIVERY ALIANCE**. #89-88p.
- Project Management Institute. 2017. **LA GUÍA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS PMBOK** Project Management Institute Inc.
- ACI Committee 318. 2019. **BUILDING CODE REQUIREMENTS FOR REINFORCED CONCRETE**. American Concrete Institute.
- ACI Committee 301. 2005. **SPECIFICATIONS FOR STRUCTURAL CONCRETE BUILDINGS**. American Concrete Institute.
- ACI Committee 117. 2010. **STANDARD SPECIFICATIONS FOR TOLERANCES FOR CONCRETE CONSTRUCTION AND MATERIALS**. American Concrete Institute.
- ACI Committee 302. 2008. **GUIDE FOR CONCRETE FLOOR AND SLAB CONSTRUCTION**. American Concrete Institute.
- ACI Committee 332. 2015. **GUIDE TO RESIDENTIAL CAST IN PLACE CONCRETE CONSTRUCTION**. American Concrete Institute.
- ACI Committee 347. 2004. **GUIDE TO FORMWORK FOR CONCRETE**. American Concrete Institute.
- ACI Committee 347.3R. 2013. **GUIDE TO FORM CONCRETE SURFACES**. American Concrete Institute.
- Asociación de la Tecnología de la Construcción Alemana. **MERKBLATT SICHTBETON DEUTSCHER BENTION – UND BAUTECHNIK VEREIN** (Manual del concreto expuesto).
- PCI. 2018. **PRECAST / PRESTRESSED CONCRETE DESIGN HANDBOOK**. Posttensioning Concrete Institute.

AISC, committee 303-16. **STANDARD CODE OF STANDARD PRACTICE FOR STEEL BUILDINGS AND BRIDGES.** American Institute of Steel Construction.

AWS D1.1 committee. (2020) **STRUCTURAL WELDING CODE.** American Welding Society.

ASTM A6 / A6M-19, **STANDARD SPECIFICATION FOR GENERAL REQUIREMENTS FOR ROLLED STRUCTURAL STEEL BARS, PLATES, SHAPES, AND SHEET PILING.** American Society for Testing and Materials

ASTM E1155-96 (2008) **STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING FLOOR FLATNESS AND FLOOR LEVELNESS NUMBERS.** American Society for Testing and Materials

ASTM E1486-98 (2004) **STANDARD TEST METHOD FOR DETERMINING FLOOR TOLERANCES USING WAVELENGTH WHEEL PATH.** American Society for Testing and Materials

ASTM C1036-11 **STANDARD SPECIFICATION FOR FLAT GLASS.** American Society for Testing and Materials

ASTM C1048-18. **STANDARD SPECIFICATION FOR HEAT STRENGTHENED AND FULLY TEMPERED FLAT GLASS.** American Society for Testing and Materials

ASTM C1172 (2009). **STANDARD SPECIFICATION FOR LAMINATED ARCHITECTURAL FLAT GLASS.** American Society for Testing and Materials

ASTM E2112-19. **STANDARD PRACTICE FOR INSTALLATION OF EXTERIOR WINDOWS, DOORS AND SKYLIGHTS.** American Society for Testing and Materials