UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Licenciatura de Ingeniería Civil

Proyecto de Graduación

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA GESTIÓN DE CALIDAD DE VIGAS DE CONCRETO PREFABRICADO PARA EL PROYECTO CIRCUNVALACIÒN NORTE

Autor: Darring Reynaldo Mora Villalobos

Tutor: Ing. Minor Murillo Chacón

Lector: Ing. Andrés Reyes Bonilla M.Sc

Heredia, Mayo 2020

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

TRIBUNAL EXAMINADOR

Este proyecto titulado: ***"Guía Metodológica para la gestión de calidad de vigas de concreto prefabricado para el proyecto Circunvalación Norte"*** por el (la) estudiante: Darring Reynaldo Mora Villalobos, fue aprobaba por el Tribunal Examinador de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Latina, Sede Heredia, como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil:

Ing. Minor Murillo Chacón

Tutor

Ing. Andrés Reyes Bonilla

Lector

Ing. Giovanni Arguedas Morales

Representante

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

COMITÉ ASESOR

Ing. Minor Murillo Chacón

Tutor

Ing. Andrés Reyes Bonilla

Lector

Ing. Giovanni Arguedas Morales

Representante

"Carta autorización del autor (es) para uso didáctico del Trabajo Final de Graduación"

Vigente a partir del 31 de Mayo de 2016, revisada el 24 de Abril de 2020

Instrucción: Complete el formulario en PDF, imprima, firme, escanee y adjunte en la página correspondiente del Trabajo Final de Graduación.

Yo (Nosotros):
Escriba Apellidos, Nombre del Autor(a). Para más de un autor separe con " ; "

Mora Villalobos, Darring Reynaldo

De la Carrera / Programa:
autor(es) del trabajo final de graduación titulado:

Licenciatura en Ingenieria Civil
Guía metodológica para la gestión de calidad de vigas de concreto prefabricado para el proyecto Circunvalación Norte

Autorizo (autorizamos) a la Universidad Latina de Costa Rica, para que exponga mi trabajo como medio didáctico en el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI o Biblioteca), y con fines académicos permita a los usuarios su consulta y acceso mediante catálogos electrónicos, repositorios académicos nacionales o internacionales, página Web institucional, así como medios electrónicos en general, Internet, intranet, DVD, u otro formato conocido o por conocer; así como integrados en programas de cooperación bibliotecaria académicos, que permitan mostrar al mundo la producción académica de la Universidad a través de la visibilidad de su contenido.

De acuerdo a lo dispuesto en la Ley No. 6683 sobre derechos de autor y derechos conexos de Costa Rica, permita copiar, reproducir o transferir información del documento, conforme su uso educativo y debiendo citar en todo momento la fuente de información; únicamente podrá ser consultado, esto permitirá ampliar los conocimientos a las personas que hagan uso, siempre y cuando resguarden la completa información que allí se muestra, debiendo citar los datos bibliográficos de la obra en caso de usar información textual o paráfrasis de la misma.

La presente autorización se extiende el día (Día, fecha) **martes 05** del mes **mayo** de año **2020** a las **11:00 a.m** . Asimismo doy fe de la veracidad de los datos incluidos en el documento y eximo a la Universidad de cualquier responsabilidad por su autoría o cualquier situación de perjuicio que se pudiera presentar.

Firma(s) de los autores
Según orden de mención al inicio de ésta carta:

UNIVERSIDAD LATINA DE COSTA RICA

CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL TUTOR

Heredia, 4 de mayo de 2020

Sres.
Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación
SD

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Guía metodológica para la gestión de calidad de vigas de concreto prefabricado para el proyecto Circunvalación Norte, elaborado por el estudiante Darring Reynaldo Mora Villalobos, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de licenciatura con énfasis en ingeniería civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

Ing. Minor Murillo Chacón

CARTA DE APROBACION POR PARTE DEL LECTOR

Heredia, 04 de mayo de 2020

Sres. Miembros del Comité de Trabajos Finales de Graduación

Estimados señores:

He revisado y corregido el Trabajo Final de Graduación, denominado: Guía metodológica para la gestión de calidad de vigas de concreto prefabricado para el proyecto Circunvalación Norte, elaborado por el estudiante: Darring Reynaldo Mora Villalobos, como requisito para que el citado estudiante pueda optar por el grado de licenciatura con énfasis en ingeniería civil.

Considero que dicho trabajo cumple con los requisitos formales y de contenido exigidos por la Universidad, y por tanto lo recomiendo para su defensa oral ante el Consejo Asesor.

Suscribe cordialmente,

Ing. Andrés Bolles Bonilla M.Sc

San José, 11 de mayo de 2020

Universidad Latina
Facultad de Ingeniería y Tecnologías de Información
Escuela de Ingeniería Civil

A quien corresponda:

Por este medio hago constar que he sometido el documento:"Guía metodológica para la gestión de calidad de vigas de concreto prefabricado para el proyecto Circunvalación Norte" del estudiante Darring Reynaldo Mora Villalobos , a una corrección filológica que comprende aspectos de cohesión, coherencia, sintácticos y ortográficos.

Laura Godínez Rojas
Carnet 62230
Lic. Filología Española

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Minor Murillo Chacón, por su guía, tiempo, apoyo y dedicación, durante el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Andrés Reyes Bonilla Msc, por su tiempo y asesoría en la realización del proyecto.

Al Ing. Giovanni Arguedas Morales, por su guía y apoyo, para el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Roberto Campos Alfaro, por su apoyo, asesoría y tiempo para el desarrollo de este proyecto.

Al Ing. Andrés Rojas, por su apoyo y asesoría para el desarrollo de este proyecto.

Al Sr. Leandro Segura Arias y a los Ingenieros: Ing. Jonathan Barboza, Ing. Mauricio Ramírez e Ing. Keylor Godínez, por permitirme desarrollar este proyecto en la empresa H. Solís.

A los técnicos Jorge Villalobos y Manuel Fuméro, por el tiempo brindado para el desarrollo de este proyecto.

DEDICATORIA

A Dios que me dio la vida, la energía y la capacidad para el desarrollo de este proyecto y la culminación de una carrera larga, difícil, pero satisfactoria para mi desarrollo como persona y profesional.

A mis padres, por ser mi motivación día con día, por darme la oportunidad de estudiar, por el apoyo y amor incondicional durante estos años de carrera.

A mis hermanos, por ser parte de este camino que hoy se culmina con éxito.

A mi familia, por ser parte fundamental de mi desarrollo como persona.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS ..... **VIII**
DEDICATORIA ..... **IX**
INTRODUCCIÓN **16**
Antecedentes 16
Planteamiento del problema de investigación 19
Objetivo general 19
Objetivos específicos 20
Justificación 20
Alcances y limitaciones 21
Impacto 22
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO **23**
1.1. Marco Teórico-Conceptual 23
1.2. Marco situacional 43
CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO **46**
2.1. Manual de gestión de calidad 46
2.2. Matriz de plan de muestreo y puntos de control 57
2.3. Registros de muestreos y puntos de control 88
CAPITULO 3. PROPUESTA **91**
3.1. Manual de gestión de calidad 91
3.2. Matriz de plan de muestreo y puntos de control 98
3.3. Registros de control 105
CONCLUSIONES **109**
RECOMENDACIONES **110**
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS **111**

TABLA DE IMÁGENES

Imagen 1. R.N. No.39 Circunvalación (segmento entre línea puntuada corresponde a proyecto en mención). Fuente:https://www.crhoy.com/nacionales/al-broche-de-oro-de-circunvalacion-norte-le-falta-asegurar-70-millones/. Recuperado 23/01/2020 a la 01:12 p.m. 16

Imagen 2. Proyección visual del paso a tres niveles y viaducto perteneciente a la Unidad Funcional IV del proyecto. Fuente: Render Consorcio Estrella-H.Solís. 17

Imagen 3. Esquema de distribución de Unidades Funcionales del proyecto. Fuente: https://www.proyectoscostarica.org/circunvalacion-norte-unops. Recuperado 22/01/2020 a las 10:30 a.m. 18

Imagen 4. Ubicación empresa H.Solís. Fuente: googlemaps.com. Recuperado 05/02/2020 a las 07:03 p.m. 44

Imagen 5. Planta de prefabricados H.Solís, Coyol Alajuela. Fuente: Elaboración propia, febrero 2020. 45

Imagen 6.Planta de prefabricados H.Solís, Coyol Alajuela. Fuente: Elaboración propia, febrero 2020. 45

Imagen 7. Moldes, vigas prefabricadas, Planta de prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia,marzo 2020. 59

Imagen 8. Medición de recubrimiento, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 60

Imagen 9. Separación de acero longitudinal, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 60

Imagen 10. Separación de acero transversal, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 61

Imagen 11. Máquina para tensado, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 62

Imagen 12. Máquina para verificación de carga de tensado, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 62

Imagen 13. Verificación de ductos, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia,marzo 2020. 63

Imagen 14. Puntos (gazas) de izaje, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 64

Imagen 15. Agregado fino, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia,marzo 2020..... 65

Imagen 16. Agregado grueso, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 66

Imagen 17. Silos de cemento, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia,marzo 2020. 66

Imagen 18. Tanque de aditivo, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 67

Imagen 19. Tanque de agua, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 68

Imagen 20. Desmoldante, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia,marzo 2020..... 68

Imagen 21. Membrana de curado, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 69

Imagen 22. Torones, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 70

Imagen 23. Acero de refuerzo (varillas), vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 70

Imagen 24. Banda de pesaje, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia,marzo 2020..... 71

Imagen 25. Sistema para dosificación de componentes para mezcla de concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020..... 72

Imagen 26. Sistema para tiempo de mezclado, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia,marzo 2020. 73

Imagen 27. Zona de muestras para humedades de agregados, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 73

Imagen 28. Asentamiento del concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 74

Imagen 29. Temperatura del concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 75

Imagen 30. Contenido de aire en el concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 75

Imagen 31. Tiempo de colocación del concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 76

Imagen 32. Altura de caída del concreto durante colocación, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 77

Imagen 33. Verificación de colocación del concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 78

Imagen 34. Muestreo del concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 78

Imagen 35. Moldeo de especímenes de concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 79

Imagen 36. Compactación del concreto con vibradores externos, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 80

Imagen 37. Pre curado, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 81

Imagen 38. Resistencia a la compresión, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 82

Imagen 39. Desmolde de elemento, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 82

Imagen 40. Elongación de torones, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 83

Imagen 41. Verificación de carga de rotura, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 84

Imagen 42. Grúas, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 84

Imagen 43. Izaje del elemento, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020..... 85

Imagen 44. Elemento con membrana de curado, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia, marzo 2020. 86

Imagen 45. Zona de almacenamiento de elementos prefabricados, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís, marzo 2020. 87

Imagen 46. Zona de liberación de elementos prefabricados, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente:. Elaboración propia, marzo 2020 88

Imagen 47. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (actividades previas al colado). Fuente: Elaboración propia, abril 2020. 98

Imagen 48. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (materias primas). Fuente: Elaboración propia, abril 2020..... 99

Imagen 49. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (materias primas). Fuente: Elaboración propia, abril 2020..... 100

Imagen 50. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (elaboración del concreto). Fuente: Elaboración propia, abril 2020..... 101

Imagen 51. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (colocación y compactación del concreto). Fuente: Elaboración propia,abril 2020. 102

Imagen 52. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (pre curado). Fuente: Elaboración propia,abril 2020..... 103

Imagen 53. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (producto terminado). Fuente: Elaboración propia,abril 2020..... 103

Imagen 54. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (producto terminado). Fuente: Elaboración propia,abril 2020..... 104

Imagen 55. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (liberación de producto). Fuente: Elaboración propia, abril 2020..... 104

Imagen 56. Registros de control (actividades previas al colado). Fuente: Elaboración propia, abril 2020..... 105

Imagen 57. Registros de control (actividades de elaboración de concreto). Fuente: Elaboración propia, abril 2020..... 106

Imagen 58. Registros de control (actividades de colocación y compactación de concreto). Fuente: Elaboración propia, abril 2020..... 107

Imagen 59. Registros de control (actividad de pre curado). Fuente: Elaboración propia, ... 107

Imagen 60. Registros de control (actividades para producto terminado). Fuente: Elaboración propia, ... 108

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El desempeño de una labor de supervisión que fructifique en un elaborado control de calidad para procesos de producción en el territorio costarricense, es un tema que abarca una gran cantidad de factores y unifica diversas ramas de conocimiento. La relevancia de este proyecto de obra vial genera un foco de interés para cualquier profesional, institución o empresa que desee producir alguna obra similar. Este interés generó la idea de contar con un mecanismo de inspección sencillo y fácil de aplicar para esclarecer las pautas para una correcta manufactura de los elementos utilizados en el proyecto. A continuación, se describe el proyecto de interés.

El proyecto el cual refiere a la licitación pública No.2013LI-000008-0DE00, “Diseño y Construcción del Corredor Vial, Circunvalación Norte, Ruta Nacional No.39, Sección Uruca (Entrada Ruta Nacional No.108) – Calle Blancos (Entrada Ruta Nacional No.109)”, financiado por parte del BCIE (Banco Centroamericano de Integración Económica) y supervisado por la UNOPS (United Nations Office for Project Services), fue adjudicado al consorcio Estrella-H.Solís, para su desempeño como ente ejecutor de la construcción, en un plazo de entrega de 28 meses, a partir del mes de septiembre del año 2017.

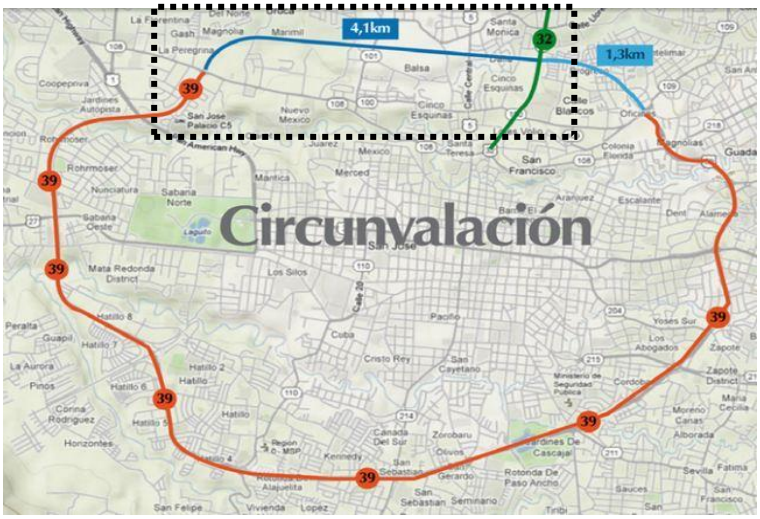


Imagen 1. R.N. No.39 Circunvalación (segmento entre línea puntuada corresponde al proyecto en mención). Fuente: Rojas (2019).

Según el artículo consultado en la página web “Proyectos Costa Rica”, en su sección Proyectos, Circunvalación Norte, se pueden detallar algunas características importantes del proyecto:

> (…) Consiste en el diseño de 5.5 km de la infraestructura vial faltante de la ruta nacional No.39, entre la Uruca y Calle Blancos, y la construcción de 4.1 km de esta sección”…, con esto quedarían pendientes un kilómetro cuatrocientos metros (1,4 km) de construcción para poder finalizar con todo el anillo vial conocido como Circunvalación de la ruta nacional No.39. (párr. 2)

Comprende también la construcción del viaducto catalogado como el de mayor longitud del país con una extensión de alrededor de 1,5 km entre Colima y el precario conocido como Triángulo de la Solidaridad, así como también los dos primeros pasos a tres niveles del país.

Imagen 2. Proyección visual del paso a tres niveles y viaducto perteneciente a la Unidad Funcional IV del proyecto. Fuente: Render Consorcio Estrella-H. Solís (2019).

Los 5,5 km del proyecto han sido seccionados estratégicamente en cinco tramos o unidades funcionales. Esta decisión se tomó desde el momento de diseño para tener un mejor y más rápido desarrollo de las obras. De este modo, la Contraloría General de la República, solicitó que cada unidad funcional debería ser funcionalmente independiente. Así, cuando se finalicen las obras en alguna unidad, puedan operar sin afectar a ninguna otra. Tales unidades funcionales se dividen de la siguiente manera:

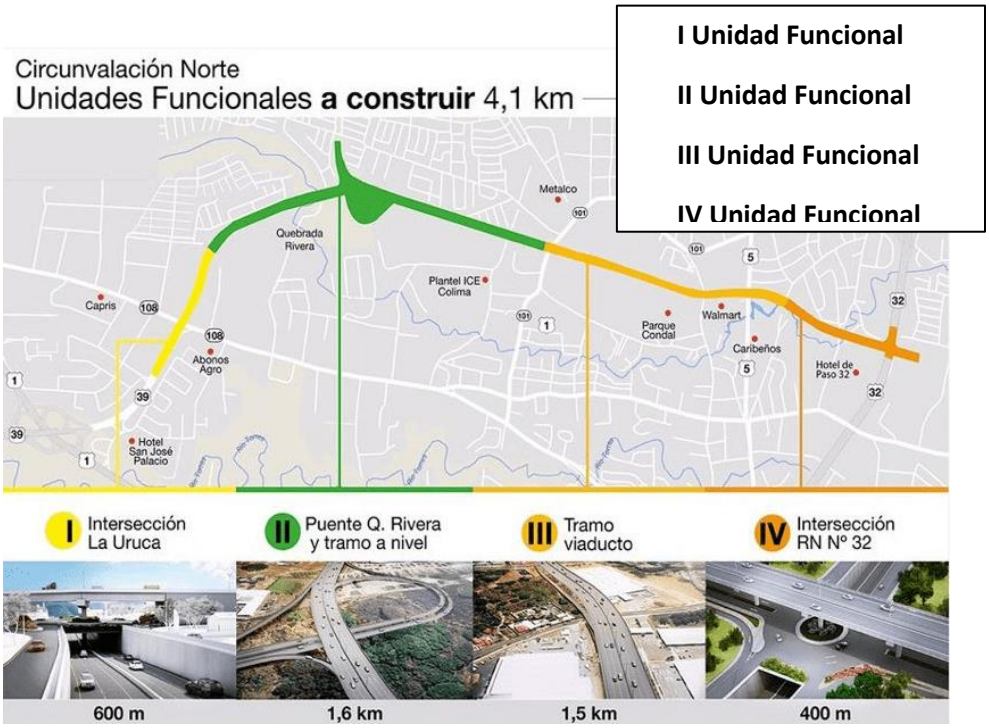


Imagen 3. Esquema de distribución de Unidades Funcionales del proyecto. Fuente: Proyectos Costa Rica (2020).

Finalizada esta obra, se prevé que el nivel de satisfacción generado en los conductores que transitan a diario por la ciudad capital se incremente, esto debido a que:

- Se evita el acceso al casco central de San José, reduciendo el tiempo estimado de tránsito para llegar a ciertos destinos al utilizar la Ruta Nacional No.39 (Circunvalación).
- Se generan nuevos accesos a sectores como Tibás, Santo Domingo, Heredia e incluso se contaría con una conexión vial a la Ruta Nacional No.32.
- Dados los escenarios anteriores, los vehículos de carga pesada provenientes del sector Caribe del país, se trasladarían al margen de las rutas al interno del casco central de San José, específicamente los que transitan en la zona industrial de la Uruca.

Planteamiento del problema de investigación

La naturaleza del viaducto en su totalidad lo convierte en una obra de infraestructura vial nunca antes construida en el territorio costarricense, los elementos que lo componen presentan condiciones y requisitos de fabricación sumamente detallados y específicos que requieren de especial atención para asegurar su calidad y funcionalidad. De estos elementos, se destacan las vigas prefabricadas con dimensiones de 1,90 m de alto por 39,55 m de largo.

De este modo, por la complejidad y magnitud de las vigas prefabricadas que se requieren para este proyecto como el compromiso que se tiene con su desarrollo, se buscó en la empresa responsable de la fabricación de los elementos algún documento o procedimiento. Esto con el propósito de obtener un respaldo para un manejo adecuado, sencillo y eficaz para los encargados de la Planta de Prefabricados durante su proceso de producción Sin embargo, no se cuenta con dicha información.

Debido a esta situación se plantea el desarrollo de una guía metodológica que respalde el aseguramiento y control de calidad para la producción de este tipo de elementos prefabricados. Una vez desarrollada la guía metodológica es posible establecer una base confiable en el ámbito costarricense de la cual se puedan derivar guías de supervisión confiables.

Objetivo general

- Elaborar una guía metodológica para el aseguramiento y control de calidad en la producción de vigas de concreto prefabricado con resistencia nominal de 450 kg/cm², producidas para el proyecto de obra pública costarricense identificado como: *Diseño y Construcción del corredor vial, Circunvalación Norte, Ruta Nacional No.39, Sección Uruca (Entrada Ruta Nacional No.108) – Calle Blancos (Entrada Ruta Nacional No.109).*

Objetivos específicos

- Establecer los parámetros de aceptación de acuerdo con las normativas nacionales e internacionales para asegurar el cumplimiento de los requisitos de la materia prima utilizada en la elaboración de las vigas prefabricadas.
- Determinar los puntos de control de calidad del proceso productivo de las vigas conforme a planos y especificaciones.
- Plantear los parámetros de control para el proceso de desmolde, curado y despacho de las vigas prefabricadas, producidas en la Planta de Concreto de la empresa Constructora Hernán Solís ubicada en el Coyol de Alajuela.

Justificación

El propósito de este proyecto es desarrollar e implementar una guía para el aseguramiento y supervisión del control de calidad en la producción de las vigas prefabricadas, las cuales se colocarán en el proyecto de construcción de obra vial Circunvalación Norte. Al no contar con ninguna herramienta directa en el aseguramiento de la calidad de su proceso de producción; se toma la decisión de elaborar la guía en la empresa desarrolladora del proyecto. De esta manera, toda viga prefabricada producida de ahora en adelante, será bajo los parámetros y las especificaciones establecidas en este proyecto, para asegurar su calidad.

Si bien la guía se crea con el fin de supervisar la producción de las vigas prefabricadas para este proyecto; esta se desarrolla con el objetivo de servir como base o material de apoyo para cualquier otro profesional que la requiera utilizar en su proyecto para el debido aseguramiento de la calidad en su producción de elementos prefabricados.

Alcances y limitaciones

Alcances

El proyecto de investigación está enfocado en la elaboración de una guía metodológica para la supervisión del control de calidad de la producción de vigas de concreto prefabricado con resistencia 450 kg/cm², producidas para el proyecto de obra pública costarricense identificado como: *Diseño y Construcción del corredor vial, Circunvalación Norte, Ruta Nacional No.39, Sección Uruca (Entrada Ruta Nacional No.108) – Calle Blancos (Entrada Ruta Nacional No.109).*

Limitaciones

El proyecto se enfoca solamente en las vigas con resistencia 450 kg/cm², producidas en la Planta de Concreto de la empresa Constructora Hernán Solís ubicada en el Coyol de Alajuela. Esto debido a que la empresa también cuenta con otra Planta de Concreto para la producción de las vigas, ubicada en el sitio de desarrollo del proyecto. Para dicha planta, existen una serie de restricciones propias de la inspección y administración del proyecto, por lo cual no se podía elaborar de buena manera el estudio, por esto no se toma en cuenta.

La metodología aplicada de este documento se enfoca en la supervisión del control de calidad de elementos de concreto prefabricados conocidos como vigas de concreto para el viaducto. Este prefabricado tiene su origen en la combinación de elementos naturales llamados agregados para la mezcla de concreto (arena de río, arena industrial y piedra 12mm) cuya fuente de extracción es el Quebrador H. Solís Guápiles, así como material cementicio conocido como cemento industrial CEMEX MP/A-AR / RTCR 479:2015. Todo esto en combinación de aditivo tipo F Ergomix 4000PG50 de la empresa SAHE, aplicado sobre una armadura de acero de la empresa ArcelorMittal.

En las visitas de campo, se pudo observar la falta de control de la humedad relativa y temperatura ambiente en el sitio, tema que puede afectar la producción de las vigas prefabricadas.

También se determina la falta de trazabilidad metrológica, en algunos de los equipos para la producción de las vigas prefabricadas, pero por políticas de la empresa no se pudo estudiar más a fondo el tema. Por tanto, queda fuera de análisis para efectos de este proyecto.

Impacto

Para futuros proyectos en el país, los cuales involucren la producción de este tipo de elementos, ya se contará con una guía metodológica para la supervisión del control de calidad. Con esto se puede asegurar que cada uno de los elementos producidos, van seguir una misma línea y con lo cual se obtendría el aseguramiento de la calidad, situación que logra generar la confianza necesaria tanto en el diseño como en la construcción del proyecto.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO

1.1. Marco Teórico-Conceptual

El desarrollo de este proyecto se sustenta en la falta de un documento en el ámbito nacional con el cual se pueda implementar un debido control de calidad en el proceso de producción de elementos prefabricados en obras de ingeniería civil. De esta manera, se busca dejar como base este documento para su uso e implementación en cualquier planta productora de elementos prefabricados en el territorio nacional.

1.1.1. Elementos prefabricados

Según la página de internet *Prefabricados de La Jara* (s.f.), se puede definir que los elementos prefabricados de concreto, son piezas elaboradas de fábrica preparadas para ser instaladas directamente en obra. En su proceso de producción el concreto se vierte en los moldes para su posterior fraguado, izado y almacenamiento. Dichos elementos ya tienen establecidas las características y especificaciones requeridas por el proyecto.

Asimismo, este sitio web explica que durante la producción y posterior al fraguado, los elementos prefabricados son sometidos a estrictos controles de calidad que garantizan las expectativas más exigentes de los procesos constructivos, para posteriormente ser almacenados y despachados al proyecto correspondiente.

Por tanto, el prefabricado es una solución industrializada para la construcción de cualquier tipo de obra civil o bien elementos estructurales tales como viaductos, pasos a desnivel, puentes entre otros. Además, este sistema garantiza una forma segura, rentable y eficiente de aumentar considerablemente la productividad del proceso constructivo.

A continuación se mencionan algunos tipos de elementos prefabricados de concreto disponibles en el mercado nacional:

- Bloques
- Dinteles
- Paneles y placas de cimentación
- Arquetas

- Losas para pavimento y adoquines
- Vigas armadas, pretensadas y postensadas
- Columnas armadas, pretensadas y postensadas
- Postes
- Losa alveolar
- Tubería

Se obtienen muchas ventajas al utilizar elementos prefabricados en el desarrollo de los proyectos. Por ejemplo, tiempos de producción y entrega final del proyecto en desarrollo, además, de menores gastos económicos. No obstante, aunque los elementos prefabricados tienen un costo mayor al realizarse el proyecto en menor tiempo; se optimizan los costos de planillas, alquileres de equipos y materiales con el uso de este tipo de elementos prefabricados.

Otra ventaja que vale la pena destacar es la garantía y calidad de los elementos prefabricados en comparación con los elementos producidos en sitio. Esto debido a que el control de calidad en la planta de producción es muy riguroso y detallado. De esta manera, se asegura y garantiza la entrega de productos de alta calidad a sus clientes.

1.1.2. Descripción del proceso de fabricación de elementos prefabricados

1.1.2.1. Instalaciones de producción

Méndez (2015) indica que son destinadas a la elaboración de elementos prefabricados de concreto y su almacenaje temporal. Los espacios deben reunir las condiciones requeridas para el almacenamiento de los productos utilizados en la fabricación; por parte de la planta productora de los elementos prefabricados. Dichas áreas deben de estar distribuidas de tal forma que no interfieran o se sobrepongan entre sí durante el proceso de producción. Así como también evitar la contaminación o daño de materiales de una zona u otra.

1.1.2.2. Moldes

Méndez (2015) indica que cumplen la función de contener el concreto fresco de una manera que soporte los esfuerzos producidos sin deformaciones significativas durante el proceso de vibrado, los cuales se incrementan donde la altura del concreto sea mayor. Existen varios tipos de materiales para la fabricación de moldes. Estos dependen de las características del elemento para el cual se requiere, su cantidad de usos, acabados entre otros.

Estos elementos deben de ser almacenados, de tal manera que, evite su daño estructural, deformaciones en su superficie y cambios en su geometría, dado que son parte fundamental para un buen acabado; al mismo tiempo que si tomamos en cuenta los costos, tiempos de fabricación y que son un activo de la empresa, pueden ser considerados como una gran inversión para la planta productora.

1.1.2.3. Mesa de colado

Méndez (2015) explica que existen varios significados para este importante equipo en lo que respecta a la planta productora de prefabricados. El autor la define como: “la superficie horizontal en la cual se apoyará el molde o los moldes y el sistema para resistir esfuerzos” (p. 27). Es decir, trasmitirá los esfuerzos al suelo. De esta manera, se incrementa resistencia y también sirve como peso adicional cuando así se requiera para permitir un adecuado desmolde.

1.1.2.4. Desmoldantes

Según Méndez (2015), estos cumplen específicamente la función de impedir la adherencia del concreto en los moldes, dichos productos deben de ser almacenados en lugares asignados para tal fin. Esto con el afán de cumplir con las recomendaciones establecidas por el fabricante o proveedor, considerando temperaturas, recipientes, superficies, entre otros.

1.1.2.5. Refuerzo (acero)

Méndez (2015) señala que las estructuras de concreto simple o bien sin refuerzo, son estructuras con un buen desempeño y comportamiento a compresión. No obstante, si estas son sometidas a una serie de cargas (donde

desarrollen esfuerzos a tensión) pueden llegar a presentar agrietamientos o bien generar la falla de las estructuras.

Debido a esto, se coloca el acero de refuerzo en la estructura, ya que es capaz de absorber y resistir esfuerzos provocados por las cargas; por cambios volumétricos debido a las temperaturas y por tensión, quedando ahogado dentro del concreto; ya sea colado en obra o precolado. El hecho de colocar acero de refuerzo en zonas donde la estructura genere tensión, como por ejemplo, la parte inferior de una viga, aumenta la habilidad del elemento para soportar cargas.

A continuación, se mencionan algunos aspectos a destacar en la producción de vigas reforzadas y preesforzadas de concreto, según Méndez (2015):

- Viga reforzada:

    - ❖ Uso de separadores para garantizar el recubrimiento
    - ❖ Distribución de aros
    - ❖ Posición de las varillas
    - ❖ Tolerancia en la colocación de las varillas

- Viga presforzada:

    - ❖ Posición de torones
    - ❖ Tamaño y numero de torones y varillas
    - ❖ Tolerancia en la colocación de torones y varillas
    - ❖ Tensado de torones

Al hablar de acero de refuerzo en los elementos, se puede mencionar algunos materiales o aspectos esenciales en este punto. Brevemente se mencionan algunos aspectos importantes de ambos materiales, según Méndez (2015):

- **Varilla corrugada de acero**: Es fabricada para usarse como refuerzo en el concreto. La superficie está compuesta de aletas y corrugaciones, las cuales cumplen la función de evitar el movimiento relativo longitudinal

entre la varilla y el concreto que la rodea. De esta manera, aumenta la adherencia entre los dos materiales.

- **Alambre**: Formado por una sola pieza de metal de forma cilíndrica, generalmente, tiene un diámetro menor a 3/8 de pulgada.

- **Torón**: Elemento formado por un grupo de alambres dispuestos helicoidalmente sobre un alma central de alambre en la mayoría de los casos. Un torón de siete alambres está hecho de seis exteriores situados sobre un solo alambre que cumple la función de núcleo o alma.

- **Barra**: Formado por una sola pieza de metal de forma cilíndrica. Usualmente presenta un diámetro mayor a 20 mm que es posible aplicarle presfuerzo, pero una longitud significativamente menor a las usadas en un torón.

- **Anclajes del acero de presfuerzo**: Los anclajes de los torones que incluyen cuñas y tapas con resorte para presfuerzo deben ser designados y fabricados para soportar los esfuerzos impuestos por el torón tensado. Estos elementos deben anclar positivamente el torón sin deslizamientos o asentamientos después de que se ajusten en su lugar.

- **Ductos y fundas**: Utilizados para cables postensados adheridos, deben de ser lo suficientemente resistentes para mantener su geometría, resistir el deterioro irreparable durante la producción y prevenir el ingreso de concreto y exceso de agua durante el colado. Los ductos para tendones adheridos deben de revisarse para el cumplimento dimensional de las especificaciones de diseño.

- **Materiales diversos**: Puede presentarse el escenario de que se requiera la utilización de materiales adicionales, ya sea para conexiones, insertos, acoplamientos de izaje u otras aplicaciones. Toda información referente a estos elementos adicionales se le debe proporcionar al ingeniero o responsable del proyecto o Planta de Prefabricados.

1.1.2.6. Materiales para mezcla de concreto

Méndez (2015) indica que el “Quality Control Technician/Inspector, Level III Training Manual, TM-103” Precast/Prestressed Concrete Institute PCI (1996), establece que es necesario un debido y completo conocimiento de las propiedades de los agregados donde se espera una durabilidad a largo plazo del concreto o si el agregado es utilizado continuamente.

Todos los materiales utilizados para la mezcla de concreto, deben cumplir con sus respectivas normativas o especificaciones nacionales o internacionales, así como también con los certificados de calidad según lo requiera el material. Estos documentos o certificados deben de resguardarse como respaldo en cuanto al cumplimiento de calidad para cada tipo de material utilizado.

Según el reglamento ACI 318 S-08 (2008), capítulo 3, “Materiales”; Apartado 3.1, Ensayos de Materiales; numeral 3.1.3: “Un registro completo de los ensayos de materiales y del concreto debe siempre estar disponible para revisión durante el desarrollo de la obra y por 2 años después de terminado el proyecto, y debe ser conservado para este fin por el inspector” (p. 45).

- **Agregados finos:** Méndez (2015) los define como aquellos materiales que pasan a través de la malla No.4 (4,75mm) y que son retenidos en la malla No.200 (75,00µm). Los agregados finos más comunes son los provenientes de arenas naturales, pero estos también pueden ser obtenidos mediante producción con rocas o gravas, a los cuales se les llama arenas manufacturadas, conocidas popularmente como arenas industriales o arenas de tajo.

  Estos agregados como se mencionaba, deben de pasar por una serie de ensayos de laboratorio para determinar su aceptación, ya que cumplen funciones importantes en la mezcla de concreto. Cabe mencionar que la granulometría del agregado puede generar una afectación considerable en aspectos como la demanda de agua, sangrado, trabajabilidad, acabado, economía y durabilidad.

Por ejemplo, Méndez (2015) señala que si se tiene un agregado fino con exceso de partículas finas que pasan las mallas No.30 (600µm), No.50 (300µm) y No.100 (150µm), se puede dar un incremento en la demanda de agua significativamente en la mezcla, esto implica que se debe de incrementar la cantidad de cemento para una resistencia dada y mantener de esta manera una relación A/C (agua / cemento) adecuada.

Otra característica de suma importancia en los agregados finos, Méndez (2015) es el módulo de finura (MF), este es un indicador de la consistencia del agregado, entre mayor sea el MF, más grueso es el agregado. El MF debe determinarse para verificar la consistencia del material. El valor base del MF para el diseño de mezclas será el promedio de diversas pruebas realizadas al agregado.

Los agregados finos deben de cumplir con la norma ASTM C33, *Especificación Estándar de Agregados para Concreto*, a menos que se especifiquen otros requerimientos por parte del diseñador, responsable del proyecto o contratista como por ejemplo normativas o reglamentos nacionales.

- **Agregados gruesos:** Méndez (2015) señala que estos agregados se definen como aquellos materiales que son retenidos en su totalidad en la malla No.4. Los agregados gruesos más comunes pueden ser los de origen natural o bien los obtenidos de la trituración de rocas o una combinación de ambas.

  Según Méndez (2015), el tamaño del agregado grueso, casi siempre se selecciona procurando cumplir con una serie de requisitos. Por ejemplo, no deben exceder un tercio de la sección más pequeña del miembro del elemento, tres cuartas partes del espesor mínimo de recubrimiento especificado y dos tercios del espaciamiento mínimo entre acero de refuerzo, torones y ductos. Esto límites se establecen como parámetros para asegurar que la mezcla de concreto fluya de manera adecuada en los moldes y alrededor de todo el refuerzo del elemento.

Méndez (2015) indica: “Mientras que la granulometría de los agregados finos afecta significativamente las propiedades del concreto fresco, las mismas propiedades no se ven afectadas o alteradas por la granulometría del agregado grueso” (p.56). Asimismo, Méndez (2015) menciona que los dos factores más relevantes del agregado grueso son el tamaño máximo del agregado (TMA) y la uniformidad de la granulometría durante el proceso de producción. Además, Méndez (2015) explica que la forma de la partículas varia de redondeadas en agregados de fuentes naturales a fracturadas en agregados triturados llegando presentar largas aristas y partículas alargadas. Los agregados que contengan aristas vivas o formas planas y textura rugosa o áspera, pueden producir concretos con muy poca trabajabilidad a menos que sea adicionado a la mezcla mayor cantidad de agregado fino.

Los agregados finos deben de cumplir con la norma ASTM C33, *Especificación Estándar de Agregados para Concreto*, a menos que se especifiquen otros requerimientos por parte del diseñador, responsable del proyecto o contratista como por ejemplo normativas o reglamentos nacionales.

- **Material Cementante (cemento):** Según la Real Academia Española (2020), el cemento es una: “Mezcla formada de arcilla y materiales calcáreos, sometida a cocción y muy finamente molida, que mezclada a su vez con agua se solidifica y endurece”. Por lo que se puede establecer que el cemento es producido mediante la combinación de materiales crudos seleccionados, sobrecalentados y posteriormente pulverizados. Se adiciona una pequeña cantidad de yeso con el fin de controlar el tiempo de fraguado inicial.

Según el sitio de internet *Tequendama* (2017), se pueden encontrar dos tipos de cementos respecto a su origen: arcilloso, obtenido a partir de arcilla y piedra caliza o bien el puzolánico, que contiene puzolana, un material alúmino silíceo. La puzolana puede provenir de volcanes o bien de origen orgánico.

Además, este sitio de internet indica que el cemento hidráulico es uno de los más utilizados. Este es una mezcla de materiales calcáreos y arcillosos u otros materiales que contienen sílice, alúmina u óxidos de hierro, procesados, por lo general, en hornos a altas temperaturas y mezclados con yeso. La cocción de la mezcla se realiza a temperaturas entre 1450 ºC y 1480 ºC. La masa homogénea obtenida se le conoce como clínker, el cual es un componente esencial para la fabricación del cemento. Este material tiene la propiedad de fraguar y endurecer en presencia de agua, generando el proceso de reacción química que se conoce como hidratación. Es mayormente empleado en la construcción, gracias a la solidez que reviste como adherente y aglutinante.

Un aspecto importante de mencionar, según Méndez (2015) es el nivel de alcalinidad del cemento, especialmente si se utilizan agregados reactivos. Los cementos bajos en álcali deben de contener un máximo de 0,6% (equivalencia de álcali expresada como Na_2O).

Asimismo, Méndez (2015) señala que el personal de calidad y producción de la planta de prefabricados debe estar en constante monitoreo de la temperatura del cemento, dado que si esta temperatura excede los 75 ºC (grados centígrados), puede originar problemas de fraguado falso en el concreto. De igual manera, es recomendable tomar muestras del cemento de los embarques o camiones despachadores y almacenarlas por un periodo de 60 días o hasta el momento de aceptación del producto. Esto con el fin de permitirle al laboratorio evaluar el lote de cemento recibido en caso de ocurrir algún inconveniente.

Por todo lo anterior, se puede decir, que el cemento es considerado como uno de los materiales con mayor importancia en la construcción, gracias a sus características conglomerantes. De este modo, es capaz de unir varios materiales y darles cohesión a partir de diversas modificaciones químicas en la masa.

Este es uno de los casos en el cual no se cuenta con una prueba o ensayo de calidad para el cemento, que pueda ser realizado en un laboratorio promedio de una planta de prefabricados, situación por la que el proveedor del

cemento debe de remitir el correspondiente certificado de su calidad. Este debe contener la información de análisis químicos-físicos y certificación con los requerimientos mínimos para los estándares de calidad aplicables y contratados.

El cemento debe cumplir con el Reglamento Técnico Nacional RTCR 479:2015.

- **Agua:** Según Méndez (2015) está presente de manera importante tanto en la elaboración del concreto, mortero, mezclas, así como también en el lavado de agregados, curado y riego de concreto; por consiguiente debe ser un insumo limpio y libre de cualquier material que pueda ser perjudicial, según para lo que sea requerido.

  Méndez (2015) menciona que el agua utilizada en la producción de concreto, mortero o lechada, debe de ser potable, incolora, insabora e inodora. Cuando el agua no cumpla con uno o varios de los requisitos mencionados, esta deberá de ser sometida a ensayos comparativos entre el agua en estudio y agua destilada o potable, con los mismos materiales y procedimientos de producción. Esto con el fin de determinar si no hay variaciones considerables en el tiempo de fragua de las mezclas y la resistencia a la compresión a edades de falla de siete y veintiocho días.

  A continuación se mencionan algunos tipos de aguas no permitidas o bien no recomendadas para la producción de mezclas de concreto, mortero o lechadas:

  - Aguas ácidas,
  - Aguas calcáreas; minerales; carbonatadas,
  - Aguas provenientes de minas o relaves,
  - Aguas que contengan residuos industriales, (…)
  - Aguas que contengan algas, materia orgánica, humus (…) y azufre

- ❖ Aguas que contengan azúcares o sus derivados
- ❖ Aguas con porcentajes significativos de sales de sodio y potasio disueltos…(Méndez, 2015,p.57)

Además de lo mencionado, referente a las normas ASTM, existen métodos de prueba para utilizarse en la determinación de concentraciones químicas. El agua de lavado puede utilizarse siempre y cuando posterior al proceso de tratamiento de agua, cumpla con los requisitos mencionados.

- **Aditivos:** Méndez (2015) señala que según el PCI, se consideran como ingredientes diferentes al cemento, añadidos al concreto, agregados y agua, los cuales son incorporados a la mezcla inmediatamente antes o durante el proceso de mezclado. Los aditivos influencian la reacción o bien modifican las propiedades físicas de la mezcla de concreto.

  Una vez que dos o más aditivos son utilizados en una mezcla de concreto, su compatibilidad debe de ser revisada para de esta manera asegurar un desempeño apropiado de la misma. Algunos aditivos no son compatibles entre sí y la mayoría de ellos cuentan con requerimientos específicos de dosificación.

  Se pueden encontrar dos tipos de aditivos, según Méndez (2015):

  > **Aditivos químicos**: aditivos no puzolánicos líquidos, suspensión o solidos solubles en agua.
  >
  > **Aditivos minerales**: considerados como materiales cementantes suplementarios, que contribuyen a las propiedades plásticas y endurecidas del concreto a través de una reacción hidráulica, puzolánica o ambas en presencia de agua y cemento. (p.60)

Según la norma ASTM C494, *Especificación Normalizada de Aditivos Químicos para Concreto* (2011), establece ocho tipos clasificatorios de los aditivos, los cuales se mencionan a continuación:

- Tipo A: Aditivos Reductores de agua
- Tipo B: Aditivos Retardadores
- Tipo C: Aditivos Aceleradores
- Tipo D: Aditivos Reductores de agua y retardadores
- Tipo E: Aditivos Reductores de agua y aceleradores
- Tipo F: Aditivos Reductores de agua, de alto rango
- Tipo G: Aditivos Reductores de agua, alto rango y retardadores
- Tipo S: Aditivos de comportamientos específicos

1.1.2.7. Concreto

Méndez (2015) señala que es una mezcla de agregados pétreos naturales, procesados o artificiales, cemento hidráulico y agua, a la que también se le puede añadir algún tipo de aditivo. Usualmente esta mezcla es dosificada en unidades de masa, en plantas de concreto premezclado y en masa o volumen en las mezclas procesadas directamente en el sitio de la obra. Los aditivos se dosifican según recomendaciones o especificaciones determinadas por el proveedor.

Méndez (2015) explica que el concreto cuenta con una serie de propiedades tanto en su estado fresco como endurecido, a continuación se detallan algunas de ellas.

- **Concreto Fresco:**

  - **Trabajabilidad**: Es la facilidad con que pueden mezclarse los ingredientes de la mezcla, aunada a la capacidad de ésta para manejarse, trasportarse y colocarse con poca pérdida de homogeneidad (…).

- **Consistencia**: Se refiere al carácter de la mezcla respecto a su fluidez tanto en su estado seco como en su estado fluido.

- **Temperatura**: Es uno de los factores más importantes que influyen en la calidad, el tiempo de fraguado y la resistencia del concreto. (…). El control de la temperatura del concreto dentro de los límites aceptables puede evitar problemas inmediatos y futuros (…).

- **Contenido de aire**: Se refiere a la cantidad de vacíos de aire tanto atrapado como incluido, usualmente, utilizado para adicionar protección al concreto contra condiciones adversas de uso; tales como el congelamiento, ambientes marinos, entre otros (…).

- **Masa unitaria**: Es una característica importante para controlar la calidad del concreto, ya que una densidad más baja puede afectar el desempeño del concreto. Un cambio en la densidad de un diseño de mezcla dada, puede indicar: 1) cambios de agregados, 2) cambio de contenido de aire, 3) cambio en el contenido de agua, 4) cambio en proporciones de ingredientes, 5) cambio en el contenido de cemento. (pp. 88-89)

Otro aspecto importante dentro del concreto, es la relación agua cemento (A/C). Esta se refiere a la relación que hay entre el contenido efectivo de agua y el contenido de cemento en una mezcla de concreto fresco. La relación A/C tiene efectos importantes en el volumen y la densidad del concreto.

Una vez que la relación A/C, haya sido establecida para un determinado diseño de concreto, la cual no puede ser alterada, si se requiere una variación en el asentamiento este debe de ser alcanzado mediante el uso de aditivos.

- **Concreto Endurecido**:

Méndez (2015) señala las siguientes características:

- **Durabilidad**: Esta propiedad del concreto va relacionada de una manera directa con la vida útil y desempeño que tendrá la estructura de concreto, bajo ciertas condiciones y situaciones.

- **Impermeabilidad**: Esta se logra reduciendo la cantidad de agua en la mezcla de concreto. El bajo contenido de agua en la mezcla, la inclusión de aire y el curado adecuado y eficiente del concreto, aumentan su impermeabilidad.

- **Contracción por secado y flujo plástico**: la expansión que se da debido a las reacciones químicas de los materiales del concreto durante el proceso de hidratación, ocasiona la contracción por secado; mientras que la contracción por flujo plástico, es una contracción que se da en el concreto a largo plazo debido generalmente, a las cargas que actúan sobre él.

- **Resistencia a la compresión**: esta se puede determinar mediante la toma de muestras de cilindros de concreto usualmente de 30 cm x 15 cm, las cuales se someten a esfuerzos de compresión aplicados a una velocidad normada. La edad de 28 días se considera la más representativa; puesto que la resistencia a la compresión del concreto aumenta conforme pasa el tiempo.

Los diseños con bajas relaciones A/C, son más impermeables que aquellos con relaciones A/C más altas. De igual manera, en términos de resistencia a la abrasión; así como también al ataque de sulfatos, los diseños con relaciones A/C bajas toman ventaja. En resumen, las propiedades más óptimas del concreto son incrementadas utilizando bajas relaciones A/C.

1.1.2.8. Dosificación del concreto

Méndez (2015) indica que según la PCA (Portland Cement Association, Diseño y Control de Mezclas de Concreto) (2004), la dosificación es el proceso de medida por masa o por volumen, de los materiales que componen la mezcla de concreto y su introducción en la mezcladora. Para una producción de concreto de calidad y uniforme, los materiales se deben medir con precisión para cada una de las coladas o como se le llama popularmente baches. La

mayoría de las especificaciones indican que la dosificación se dé por masa y no por volumen.

1.1.2.9. Mezclado del concreto

Proceso para integrar de manera uniforme y homogénea todos los materiales que componen la mezcla de concreto. Si el proceso de mezclado se realiza de buena manera, se podrán obtener distintas muestras con la misma masa volumétrica, contenido de aire y revenimiento.

1.1.2.10. Colocación del concreto

Es el proceso en el cual la mezcla de concreto es vertida en el molde seleccionado para el elemento a producir. Esta es determinante, ya que con este paso se concluye la fabricación de elementos estructurales o arquitectónicos; importantes, definitivos y perdurables de una obra. Además de cumplir con las exigencias de funcionamiento estructural, de una manera eficiente y segura.

Generalmente en la producción de elementos prefabricados, el concreto es colocado en capas, para producir un elemento monolítico y con un acabado aceptable.

1.1.2.11. Compactación o consolidación del concreto

Méndez (2015) indica que este proceso es el que facilita la colocación del concreto recién vaciado en los moldes, eliminando al máximo los vacíos dentro de la mezcla fresca, uniformizando la distribución de materiales y garantizando una buena adherencia entre el concreto, el molde y el acero de refuerzo/presfuerzo colocado.

1.1.2.12. Desmolde e izaje

El desmolde de los elementos prefabricados se realiza mediante el uso de grúas, marcos de carga, grúas pórtico o viajeras. Los elementos prefabricados cuentas con accesorios de sujeción o izaje diseñados para soportar el peso propio del elemento más la succión generada al momento del izaje. Su ubicación está dada de acuerdo al diseño particular de la pieza que deberá especificarse en los planos de taller correspondientes.

Según Méndez (2015), los dispositivos de izaje, generalmente, están dentro de tres categorías como lo son el ojal de torón, insertos manufacturados estándar y varillas pulidas. El acero de refuerzo nunca debe de utilizarse como dispositivo de izaje, esto debido a que es frágil y puede fallar debido a cargas accidentales como las que se presentan durante el desmolde y manejo.

1.1.2.13. Curado del concreto

Para Méndez (2015), es la forma de controlar la humedad y la temperatura del concreto recién colocado, que permite durante el fraguado inicial, la adquisición de las propiedades deseadas como la resistencia, rigidez, durabilidad, impermeabilidad, entre otras.

El método de curado adecuado, así como el material a utilizar para este proceso, depende de las circunstancias y el tipo de obra, además de las características y requerimientos de los elementos de concreto que se sometan a este proceso.

Usualmente la mayoría de los componentes de curado utilizados son líquidos formadores de una membrana, formulados a partir de ceras, resinas y caucho tratado con cloro y generalmente son de color claro o blancos. De igual manera, hay otros materiales utilizados para el curado como lo son las hojas plásticas o cubiertas. Estas son empleadas mayoritariamente en la industria de prefabricados en los Estados Unidos.

1.1.2.14. Almacenamiento de elementos prefabricados

Este proceso es de suma importancia, ya que no es recomendable asumir que el proceso de producción finaliza al momento del desmolde e izaje. Los elementos prefabricados deben de apoyarse sobre un terreno firme y nivelado, ya que de colocarse en terrenos inestables, se pueden generar agrietamientos debido a la torsión que se puede presentar; lo cual reduce su capacidad estructural.

Desafortunadamente en la producción de elementos prefabricados, uno de los problemas más frecuentes que se da en planta es la disponibilidad de espacio para almacenamiento. Esto se debe a un atraso en el despacho de los elementos, ya sea por problemas de logística en producción o bien meramente

ligados a atrasos en el proyecto. Por tanto, se recomienda contar con un espacio previsto por si se presentan estos escenarios.

1.1.3. Vigas prefabricadas pretensadas para viaducto del proyecto Circunvalación Norte

Una viga prefabricada pretensada es un elemento estructural de soporte y trasmisión de esfuerzos producidos por las cargas generadas por encima de su superficie en la cara superior, trasladadas a los apoyos y posteriormente a la cimentación del elemento y al suelo.

Estos elementos prefabricados fueron seleccionados y diseñados por el consorcio Estrella-H. Solís, para el proyecto de obra vial costarricense en la ruta nacional No.39, conocido como Circunvalación Norte. Estos son producidos por la planta de prefabricados de la empresa constructora H.Solís, ubicada en el Coyol de Alajuela.

Ubicado en la Unidad Funcional III del proyecto de infraestructura vial mencionado, con una extensión de 1,5 km se encuentra el viaducto más largo nunca antes desarrollado en Costa Rica. Su construcción depende fundamentalmente de la fabricación de las vigas prefabricadas pretensadas cuyas características más relevantes se mencionan a continuación:

- Dimensiones: 39,55 m x 1,90 m
- Volumen de concreto: 24,29 m^3
- Peso de acero: 3149,23 kg
- Peso de torones: 2173,44 kg
- Peso total de la viga: 60730 kg
- Recubrimiento: 3 cm
- Carga de rotura del acero de presfuerzo: mayor o igual a 1860 N/mm^2
- Cordón de presfuerzo: área neta de acero 1,4 cm^2 y carga de rotura garantizada 260 kN
- Acero de los cordones no tendrá una relación superior al 2% en ensayo a 1000 horas, 20 ºC y carga inicial del 70% de la rotura y se habrá sometido a procesos de estabilización
- Cada cordón se tesará al 75% de la carga de rotura (1395 N/mm^2)

- Producida con un concreto de resistencia f_c'= 450 kg/cm² y f_c' transferencia = 350 kg/cm²

El peso del acero y torones detallado anteriormente, corresponde a toda la armadura de refuerzo con que cuenta la viga, sus grandes dimensiones generan la necesidad de combinar varios tipos de acero que se aseguren la trabajabilidad y correcta producción del elemento. Para conformar esta armadura, la casa productora de acero ArcelorMittal, provee a la planta de producción los siguientes productos:

- Varilla No.2 grado 60: 64 unidades
- Varilla No.2 grado 40: 38 unidades
- Varilla No.3 grado 60: 248 unidades
- Varilla No.3 grado 40: 236 unidades
- Varilla No.4 grado 60: 428 unidades
- Varilla No.5 grado 60: 106 unidades
- Torones 15,24 mm Ø: 50 unidades
- Gazas de izaje: 6 (3 en cada extremo de la viga)

Otro punto importante a destacar en estos elementos prefabricados, es el concreto utilizado para su fabricación. Este concreto con el cual se producen las vigas prefabricadas cuenta con una resistencia f_c': 450 kg/cm² a los 28 días, sin embargo se requiere de una resistencia de transferencia o desmolde e izaje, $de\ f_c'$: 350 kg/cm² a 16 horas.

El concreto se realiza con agregados del quebrador H. Solís ubicado en Guápiles y del quebrador Guápiles, estos materiales se someten a una serie de ensayos de caracterización para aceptación tanto para agregados finos (arena y arena industrial) como agregados gruesos (piedra cuarta 12mm). Este análisis y caracterización son realizados por el laboratorio de autocontrol de la Planta de Prefabricados.

Esta mezcla de concreto también cuenta con material cementicio, este es el cemento CEMEX MP/A-AR / RTCR 479:2015, de la empresa Cemex Costa Rica. Lo que respecta al control de calidad de este material, la empresa

proveedora entrega un certificado de calidad mensual a los encargados de la planta de prefabricados para su debida aceptación.

Como complemento para la mezcla de concreto se utiliza un aditivo reductor de agua de alto rango tipo F, Ergomix 4000PG50 de la empresa SAHE S.A. Esto con el fin de brindarle mejores características a la mezcla de concreto en cuanto a trabajabilidad. En este caso al igual que para el cemento, la empresa proveedora del producto es la responsable de entregar el certificado de calidad del aditivo a los encargados de la Planta de Prefabricados para su aceptación.

Una vez producida la viga prefabricada, se almacena en el sector elegido por la planta de prefabricados, a la espera del despacho hacia el proyecto. Para este proceso de traslado del elemento, se subcontrata a una empresa, la cual se encarga del acarreo de la viga desde la planta productora de prefabricados hasta el proyecto.

1.1.4. Aseguramiento de la calidad

Según la norma ISO 9000-2015, *Sistemas de gestión de la calidad fundamentos y vocabulario* (2015) en su sección 3.3.6, se define aseguramiento de la calidad como: “Parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza en que se cumplirán los requisitos de la calidad” (p. 23).

Partiendo de la definición establecida en la norma, aseguramiento de la calidad, es un conjunto de actividades para asegurar la calidad de los procesos en los cuales se desarrollan los productos.

El aseguramiento de la calidad tiene como objetivo prevenir los defectos con un enfoque en el proceso de realización del producto, se trata de un producto de calidad proactivo. De igual manera, el aseguramiento de la calidad busca mejorar los procesos de desarrollo y de prueba, por lo que los defectos no se presentan cuando se está elaborando el producto.

Estableciendo un buen sistema de gestión de la calidad y evaluando su idoneidad, además de realizar auditorías periódicas de conformidad a las operaciones del sistema, son aspectos importantes en busca del aseguramiento de la calidad.

Como parte esencial se encuentra la prevención de los problemas de calidad a través de actividades planificadas y sistemáticas que incluyen documentación para cuando sea necesario.

Todo el involucrado en el equipo de desarrollo del producto es responsable del aseguramiento de la calidad. De esta manera, se pueden mencionar algunos ejemplos como la autoevaluación, las auditorías del sistema de gestión, la planificación de procesos, los planes de desarrollo de procesos, las metodologías y las normas de requisitos, entre otras.

Algunas herramientas y técnicas estadísticas se pueden aplicar tanto en control como en el aseguramiento de la calidad, cuando se aplican la entrada de procesos y los parámetros operacionales, se les llama Control Estadístico de Procesos (SPC), de esta manera, se convierte en parte fundamental del aseguramiento de la calidad.

Así, se concluye que el aseguramiento de la calidad es aplicable en los procesos de producción de los productos, por lo que se puede determinar como una herramienta de gestión.

1.1.5. Control de la calidad

Según la norma ISO 9000-2015, *Sistemas de gestión de la calidad, fundamentos y vocabulario* (2015) en su sección 3.3.7, se define control de la calidad como: “Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad” (p.23).

Tomando como punto de partida la definición otorgada en la norma, se puede establecer que el control de calidad es un conjunto de actividades para garantizar la calidad de los productos, estas actividades se enfocan en la identificación de los defectos de los productos en tiempo real durante su producción.

El control de calidad tiene como enfoque, identificar y ayudar a corregir defectos en el producto acabado, motivo por el cual es considerado como un proceso reactivo. Aunado a esto, tiene como meta detectar defectos en el producto durante y después de su elaboración y antes de su entrega final al cliente. Por lo que se establece como objetivo encontrar y eliminar las fuentes

de los problemas de calidad a través de herramientas y equipos, con el fin de que se cumplan con éxito los requisitos o especificaciones establecidas por el cliente.

Como parte esencial del control de calidad están las actividades o técnicas utilizadas para lograr y mantener la calidad de los productos, procesos y servicios. Se puede determinar como responsable del control de calidad, a un equipo en específico que pone a prueba el producto con el fin de identificar cualquier tipo de defecto. Entre algunos ejemplos de actividades de control de calidad se encuentran la validación, inspección, revisión de entregables, proceso de pruebas de funcionalidad, entre otras.

Resumiendo lo mencionado, se puede concluir que el control de calidad es una herramienta correctiva en busca de la calidad, por lo que es parte fundamental y casi que se puede incluir como obligatoria en la fabricación de cualquier producto.

1.2. Marco situacional

La descripción del contexto geográfico para la realización de esta guía, abarca todo el país, esto debido a que con su implementación se genera un documento, el cual puede ser utilizado por cualquier profesional en el ámbito de la fabricación de elementos prefabricados, para obtener un adecuado aseguramiento y control de calidad en sus procesos de producción.

Cabe destacar que a la confección de esta guía, se le da respaldo con su implementación en la planta de prefabricados de la empresa H. Solís, específicamente supervisando las vigas prefabricadas producidas para el viaducto del proyecto de obra vial costarricense de la ruta nacional No.39 conocido como Circunvalación Norte.

La planta de prefabricados de la empresa H. Solís se encuentra ubicada en el sector del Coyol de Alajuela, contiguo a la Zona Franca Pro Park. Esta zona es de gran movimiento industrial, ya que cuenta con gran cantidad de plantas de producción de distintas empresas tanto nacionales como internacionales, situación por la cual la empresa H. Solís optó por esta zona para la

implementación de su Planta de Prefabricados, ya que cuenta con una buena ubicación para el despacho de los elementos prefabricados producidos para cada uno de los proyectos en desarrollo.

Imagen 4. Ubicación empresa H.Solís. Fuente: Googlemaps (2020).

Esta planta fue construida hace no más de tres años, con la visión de producir todos los elementos prefabricados que requiera la empresa para cada uno de sus proyectos, los elementos prefabricados para Circunvalación Norte son su punto de partida.

La Planta de Prefabricados cuenta con una nave industrial de 11,000 m², en la cual se albergan todos los elementos necesarios para la producción de los elementos.

Imagen 5. Planta de Prefabricados H.Solís, Coyol Alajuela. Fuente: elaboración propia (2020).

Imagen 6. Planta de Prefabricados H.Solís, Coyol Alajuela. Fuente: Elaboración propia (2020).

CAPÍTULO 2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Manual de gestión de calidad

2.1.1. Objetivo

El objetivo general es definir las prácticas mínimas requeridas para la producción de elementos de concreto prefabricado y un programa de control de calidad, para monitorear la producción por medición o comparación con normas aceptables.

El control de calidad será una parte aceptada y funcional de la operación de la planta de prefabricados. La calidad del producto resulta de esfuerzos tanto individuales como corporativos. Los encargados de la Planta de Prefabricados, deben comprometerse con la calidad antes de que pueda ser adoptada o implementada efectivamente a nivel operativo. De igual manera, deben establecer un estándar corporativo de calidad basado en prácticas uniformes en todas las etapas de la producción y debe exigir el cumplimiento estricto de dichas prácticas por todos los niveles de personal.

Las personas que tienen el control de las operaciones deben tener el deseo de producir productos de la calidad adecuada, así como también delegar la autoridad y responsabilidad necesaria para obtener los resultados. Se pueden esperar productos de calidad si se establecen procedimientos adecuados y luego se llevan a cabo.

Si bien este manual trata sobre la función de control de calidad, se reconoce que la responsabilidad principal de la calidad en cualquier producto recae en las personas que participan en su producción. El personal de Producción es responsable de la calidad, asimismo, debe comprender el papel del control de calidad y el trabajo para asegurar un monitoreo efectivo. Esto con el fin de brindar una respuesta oportuna en la corrección y mejoras necesarias.

El personal de Supervisión es una parte integral del proceso y debe estar comprometido con los estándares de calidad. La producción de productos de calidad requiere uniformidad en las expectativas de los encargados de planta para todas las áreas de operaciones y tipos de productos. Las especificaciones y manuales de proyectos de construcción pueden prescribir y explicar criterios

de control de calidad adecuados para todas las fases de producción consistentes con productos de la más alta calidad. Para garantizar que se sigan estos criterios, se debe proporcionar personal de inspección y un programa regular de auditoría de todos los aspectos de la producción en todas las plantas.

Aunque el personal de producción debe ser responsable de la calidad de los productos, la prudencia dicta un sistema de control y equilibrio que proporciona la inspección de operaciones y productos. Las inspecciones de control de calidad son una herramienta de gestión necesaria y vital para controlar la producción. Esta inspección no elimina las responsabilidades del personal de producción, pero proporciona a los encargados una revisión objetiva. El número de personas requeridas variará con el tamaño y el alcance de las operaciones de la planta de prefabricados.

2.1.2. Plan de aseguramiento de la calidad

La planta implementará y mantendrá un plan documentado de aseguramiento de la calidad. Cada planta tendrá un manual único basado en las operaciones y requerimientos para la producción de los elementos prefabricados. Los procedimientos de la planta deben documentarse en forma de instrucciones específicas para el personal operativo de una manera que asegure la uniformidad de las operaciones y la capacitación para los empleados actuales y nuevos.

Cuando los artículos enumerados se controlan estrechamente mediante una inspección, prueba y revisión de documentación adecuadas; se logrará el objetivo del control de calidad. De esta manera, la producción se da a un costo práctico ,mínimo de productos de calidad, uniforme para garantizar un servicio satisfactorio durante la vida útil prevista. Los mejores materiales y prácticas de diseño no serán lo suficientemente efectivos a menos que las prácticas y procedimientos de producción reales se realicen correctamente. Siempre que sea posible, se deben eliminar las prácticas altamente variadas, que están sujetas a errores humanos o errores de juicio entre los diversos grupos de producción.

- Compromiso de gestión con la calidad.
- Estructura organizacional, relaciones, responsabilidades y calificaciones del personal clave.
- Revisión de la gestión del programa de aseguramiento de la calidad a intervalos regulares, que no excedan un año, para asegurar su idoneidad y efectividad continua. Esta revisión incluirá incumplimiento, acciones correctivas y quejas de los clientes.
- Instalaciones de la planta tomando en cuenta la asignación de áreas, servicios, maquinaria y equipo.
- Procedimientos de compra para el cumplimiento del control de calidad, incluida la revisión de especificaciones del proyecto para requisitos específicos.
- Identificación de las necesidades y disposiciones para la capacitación del personal en los requisitos de garantía de calidad.
- Control, calibración y mantenimiento de los aparatos de inspección, medición y prueba necesarios.
- Métodos uniformes para informar (incluir formularios de muestra), revisar y mantener registros. Cada unidad de concreto prefabricado debe ser rastreable a un conjunto específico de registros de control de calidad aplicables.
- Normas para planos de taller (montaje y producción) para garantizar la precisión y la interpretación uniforme de las instrucciones de fabricación y manipulación.
- Procedimientos para la revisión y difusión de los requisitos específicos del proyecto al personal de producción y control de calidad.

Cabe destacar que dentro de los puntos mencionados, que deben como minimo estar presentes en el plan de aseguramiento de la calidad; se encuentran con varios aspectos que son de estricta necesidad incluirlos en todo plan de aseguramiento de la calidad. Dichos aspectos se mencionan a continuación:

- Personal de inspección adecuado para asegurar la revisión de todos los materiales y procedimientos.

- Responsabilidades claramente definidas y función requerida para cada inspector.
- Reconocimiento y aceptación por parte del personal de supervisión de la importancia e impacto del programa de calidad y un estándar uniforme de calidad de la planta.
- Registros claros y completos de inspección y pruebas.
- Actualización y calibración del equipo de prueba de manera oportuna.

La información obtenida a través de las inspecciones de control de calidad debe revisarse semanalmente con el personal de producción. Esta revisión es útil para identificar áreas que puedan requerir una nueva capacitación en procedimientos de producción adecuados o procedimientos modificados, o equipos que necesiten ser reparados o reemplazados.

2.1.3. Procedimientos documentados

Un registro completo y preciso de las operaciones, además de su inspección. Esto es beneficioso para un productor por si surgen preguntas durante el uso de materiales o equipos de la planta.

El control de los procedimientos y datos documentados, en relación con el funcionamiento efectivo del programa de garantía de calidad, cubrirá como mínimo:

- Inspección y verificación de que los materiales adquiridos por parte de la planta de prefabricados, cumplan con los requisitos de la especificación. Se exigirá a los proveedores que presenten las pruebas de cumplimiento de los materiales y la mano de obra.
- Métodos de muestreo y frecuencia de las pruebas.
- Verificación y aprobación de planos de taller.
- Inspección y verificación de la precisión de las dimensiones, comprobación de la adecuación y sellado, de los moldes para la producción de elementos prefabricados sin distorsiones indeseables o incumplimientos.

- Procedimientos e inspección de mezclas de concreto, manejo de materiales, colocación, consolidación, curado, acabado, reparación, manejo de productos, almacenamiento y carga.
- Inspección de la fabricación, cantidad, ubicación, colocación y fijación de armaduras de acero de refuerzo.
- Inspección de las operaciones de tensado para garantizar la conformidad con los procedimientos especificados.
- Preparación o evaluación de diseños de mezclas para las propiedades deseadas.
- Muestreo y prueba de materiales, incluido el concreto, cuando sea necesario.
- Inspección de los procedimientos de destensado y desmolde.
- Inspección de todos los productos terminados para ver si cumplen con los planos del taller, muestras aprobadas y requisitos del proyecto.
- Procedimientos de reparación para corrección de detalles menores de acabado.
- Preparación y mantenimiento de registros completos de control de calidad.
- Requisitos de mantenimiento y calibración (elementos y frecuencia) de los equipos de la planta que afectan la calidad del producto.

2.1.4. Recurso humano y responsabilidades

Los encargados de la Planta de Prefabricados deben estar comprometidos con la calidad y a su vez este compromiso debe proyectarse a todo el resto del personal. Las funciones sobre inspección de control de calidad no pueden superar la falta de dedicación por parte de los encargados. Los responsables de producir los elementos deben comprender que la gerencia está interesada en la fabricación de un producto de alta calidad.

Para lograr un nivel satisfactorio de control de calidad, los encargados deben cumplir ciertos requisitos fundamentales dentro de los cuales se incluyen:

- Se establecerá y observará un estándar de calidad.

- Utilización de un manual de planta escrito que establecerá un orden o práctica uniforme para todas las operaciones de fabricación.
- El personal, cuya función principal es el control de calidad, será responsable ante los encargados de planta o el ingeniero en jefe de la producción de los elementos.
- Establecer un programa de aceptación de productos terminados antes del envío.
- Establecer métodos uniformes para informar, revisar y mantener registros. Cada unidad de concreto prefabricado producida, debe ser rastreable a un conjunto específico de registros de control de calidad aplicables.
- Establecer operaciones de ingeniería para cumplir con los códigos, estándares, especificaciones y requisitos de desempeño requeridos en planta.

En esta sección, se describen las responsabilidades funcionales de ciertos puestos básicos. Si una o más de estas funciones se asignan a una persona, o si a varias personas se asignan a una función específica, es prerrogativa de la administración y dependerá del propósito del producto y el tamaño de la planta de producción. El desempeño responsable de las personas involucradas en la fabricación de elementos de concreto prefabricado requiere conocimientos técnicos especializados y experiencia.

Se recomienda que todo el personal que realice trabajos de inspección y pruebas de concreto prefabricado como se describe en este manual, se certifique al nivel apropiado. En algunas operaciones, el personal puede realizar varias tareas, incluidas las funciones de control de calidad.

Cada planta deberá contar con personal calificado para realizar las funciones de los diversos puestos descritos en esta sección.Asimismo, deberá definir claramente las responsabilidades y establecer la relación entre el control de calidad, la ingeniería y la producción.

2.1.5. Ingeniería

Las plantas deberán tener disponibles los servicios de un ingeniero profesional registrado con experiencia en el diseño de concreto prefabricado. El

ingeniero de Prefabricados prescribirá políticas de diseño para elementos prefabricados y será competente para revisar los diseños preparados por otros.

El ingeniero de Prefabricados, será responsable del diseño de todos los elementos para producción, manipulación y montaje. El ingeniero de Prefabricados será responsable de prescribir o aprobar métodos y procedimientos para tensar, calcular, medir alargamientos, curvaturas, desviaciones, compensaciones por variaciones de tensión operativa y cualquier otra variable relacionada con el pretensado que pueda afectar la calidad del producto final.

El ingeniero debe tener la capacidad de resolver problemas e idear métodos, según sea necesario para el diseño, producción, manejo o montaje de los elementos prefabricados. Además, es quien debe aprobar la secuencia de montaje, cuando esta pueda afectar la estabilidad estructural de los elementos de soporte que fueron diseñados.

Es importante destacar que el personal de ingeniería de la planta, debe revisar el diseño de los elementos preparados por el ingeniero de Prefabricados.

2.1.6. Planos

Las plantas deberán utilizar personal experimentado y competente para preparar planos de taller (producción y montaje). Los detalles del plano deben ser tan claros y completos que reflejen los requerimientos del contrato de una manera que minimice la posibilidad de errores durante los procesos de fabricación y montaje.

2.1.7. Producción

El personal de Producción deberá estar calificado para producir elementos prefabricados de acuerdo con los planos de producción, las muestras aprobadas y los requisitos de control de calidad de la planta.

Este personal tiene la responsabilidad inmediata de supervisar todas las operaciones del taller involucradas en la fabricación de productos, para garantizar el cumplimiento de los planos de producción, las especificaciones y los estándares de calidad establecidos por parte de la planta.

2.1.8. Control de calidad

El aseguramiento de la calidad es la responsabilidad principal del personal de Control de Calidad de una planta. El personal de Producción puede estar involucrado en algunas actividades de Calidad, pero los resultados y los registros deben ser auditados por el personal de Control de Calidad para su evaluación.

Las calificaciones del personal que realiza inspecciones y pruebas, son críticas para proporcionar una garantía adecuada de que los elementos prefabricados satisfarán el nivel de calidad deseado.

El personal de Control de Calidad debe observar e informar cualquier cambio en el equipo de la planta, las condiciones de trabajo, el clima y otros elementos que puedan afectar la calidad de los productos.

Este departamento deberá tener líneas de comunicación con la ingeniería, la producción y los encargados de la planta, con responsabilidad únicamente ante los ultimos mencionados. El personal de Control de Calidad no deberá informar al personal de Producción sobre ningún tema relacionado a la evaluación o proceso que este llevando acabo.

Las responsabilidades de los encargados de la parte de Calidad, incluirán asegurar que las siguientes actividades se realicen con una frecuencia que se demuestre que es adecuada para cumplir con los objetivos de calidad según lo prescrito en este manual.

Dichas actividades se mencionan a continuación:

- Inspección y verificación de la precisión de las dimensiones y el estado de los moldes.
- Verificación de baches, mezclas, manejo de materiales, colocación, consolidación, curado, manejo de productos y procedimientos de almacenamiento.
- Verificación de la fabricación, cantidad, ubicación y colocación adecuada del acero de refuerzo.
- Inspección de las operaciones de tensado, para garantizar la conformidad con los procedimientos especificados.

- Preparación o evaluación de diseños de mezclas.
- Toma de muestras representativas y realización de todas las pruebas requeridas durante el proceso de producción.
- Inspección de los productos terminados para cumplir con los planos del taller, muestras aprobadas y los requisitos del proyecto.
- Preparación y mantenimiento de registros completos de control de calidad.

2.1.9. Responsable del diseño

El fabricante será responsable de proyectar los requisitos del proyecto en muestras, planos de taller, herramientas, procedimientos de fabricación e instalación. Asimismo, deberá diseñar y proporcionar refuerzo o fortalecimiento temporal de los elementos para garantizar que no se introduzcan tensiones adversas que excedan las limitaciones de los códigos o normas que rigen el proyecto.

La función principal de los planos/dibujos de los elementos prefabricados (montaje y producción), es la traducción o proyección de los requisitos o especificaciones establecidas en los contratos, en información utilizable para la fabricación, manipulación y montaje, de una manera precisa y eficiente de los elementos. Los planos de montaje proporcionan al ingeniero un medio para verificar la interfaz con los materiales adyacentes y la interpretación del precursor de los planos del contrato. Los buenos planos de producción proporcionan comunicaciones efectivas entre los departamentos de ingeniería, dibujo y producción, de una planta de elementos prefabricados.

Los planos de producción deberán estar preparados para transmitir toda la información pertinente necesaria para la fabricación e inspección de los productos de concreto prefabricado. El fabricante deberá tener un procedimiento para conservar los documentos del proyecto durante al menos cinco años después de la finalización del proyecto, o según lo exijan los estatutos locales.

Las prácticas con respecto al diseño de elementos de concreto prefabricado varían ampliamente, al igual que en menor medida, los códigos o estatutos relevantes que rigen el diseño profesional y la responsabilidad de los

fabricantes. Por lo tanto, los puntos señalados en esta sección deben evaluarse para las condiciones aplicables a la ubicación particular y proyectos individuales.

En interés de los precursores e ingenieros, las responsabilidades de diseño de cada parte deben estar claramente definidas. Se recomienda que esto se haga y quede como respaldo en los terminos del contrato. Las responsabilidades del ingeniero están sujetas a relaciones contractuales con el propietario.

2.1.10. Muestras para proyecto y aprobación final para el inicio de producción

Después de la adjudicación del contrato, y antes de producir cualquier elemento, el fabricante deberá preparar y presentar para aprobación, una muestra representativa del color y textura requeridos. Si se va a exponer la cara posterior de un elemento de concreto prefabricado, se mostrarán muestras de la mano de obra, el color y la textura tanto de la parte dorsal como la frontal del elemento. Cualquier cambio en la fuente de materiales o en las proporciones de la mezcla para facilitar la producción, requerirá nuevas muestras de referencia y revisión de aprobación. Si se especifica, o si es probable que el color o la apariencia del cemento o los agregados varíen significativamente, se proporcionarán muestras que evidencien el rango esperado de variaciones.

El método de colocación y consolidación de concreto utilizado para hacer muestras debe ser representativo de los métodos de producción previstos.Las muestras deberán reflejar una relación de forma para la colada real. Las muestras planas solo se utilizarán para formas planas.

Para formas no planas, curvas u otras complejas, una muestra de colada plana puede no representar la apariencia anticipada del producto final. Seleccione formas de muestra que ofrezcan una comparación razonable con los elementos prefabricados representados.

El tamaño de las muestras debe reflejar la relación entre los materiales (tamaño máximo del agregado que se utilizará), acabados, formas y técnicas

de colada, tipos de molde, orientación de las superficies expuestas durante la colada y los procedimientos de consolidación.

Los proyectos que usan elementos prefabricados de nuevas formas, combinaciones de formas, acabados o agregados deben utilizar una maqueta, que consiste en una muestra a gran escala de un elemento para la aprobación inicial de producción. Los proyectos, maquetas o muestras previamente completadas, pueden usarse para la aprobación inicial de producción de productos que sean similares. Cuando se aprueben, estas muestras formarán la base de la decisión final, con el propósito de aceptar la apariencia de los acabados. Estas muestras establecerán el rango de aceptabilidad con respecto a las variaciones de color y textura, defectos superficiales y apariencia en general. Las muestras aprobadas se conservarán en las instalaciones de fabricación y se utilizarán para controlar la aceptabilidad de los lotes de producción.

Del mismo modo, se almacenarán y colocarán al aire libre en la planta, para permitir la comparación con los elementos de producción. Deben almacenarse adyacentes entre sí para permitir una iluminación adecuada (sol y sombra) para las comparaciones diarias con los elementos de producción para lo que respecta al acabado y a su exposición. Las muestras deben hacerse lo más cercano posible a la realidad, respecto a los elementos reales para producción.

Las muestras pequeñas, generalmente, no reflejan la relación entre materiales, acabados, formas, técnicas de colado, tipos de molde, espesor de la sección de concreto, orientación de las superficies expuestas durante los procedimientos de producción y consolidación. Cuando no se utilizan maquetas de los elementos, el fabricante debe solicitar al ingeniero o propietario que inspeccione y apruebe (firma y fecha), los elementos de producción iniciales. Las muestras de producción más grandes eliminarán las incertidumbre que tenga el ingeniero y el propietario; por tanto, se recomienda utilizar este tamaño de muestras.

Se pueden usar un rango de al menos tres muestras de un tamaño adecuado, para demostrar las condiciones reales de producción planificadas. De este modo, determina un rango de aceptabilidad con respecto a las

variaciones de color y textura; la uniformidad de los retornos, la frecuencia; el tamaño, la uniformidad de la distribución de vacíos de aire; manchas superficiales y apariencia.

2.2. Matriz de plan de muestreo y puntos de control

Es una matriz en donde se detallan todos los aspectos importantes que requieren de una supervisión puntual y estricta en lo que respecta a control de calidad, durante el proceso de fabricación de los elementos prefabricados. De esta manera, se procura la calidad en este proceso de producción.

Esta matriz se encuentra dividida en distintas fases que se dan durante el proceso de producción de los elementos prefabricados. Esto con el fin de obtener un mejor control de calidad durante cada una de las etapas del desarrollo o fabricación de los elementos.

A continuación se mencionan la fases de la matriz:

A. Actividades previas al colado
B. Materias primas
C. Elaboración de concreto
D. Colocación y compactación de concreto
E. Precurado
F. Producto terminado
G. Liberación de producto

De igual manera, cada una de estas fases, cuenta con una serie de secciones, en donde se detalla la información requerida para cada muestreo o punto de control.

A continuación se mencionan las secciones en las cuales se dividen las fases:

- **Actividad:** Se detalla el nombre de la actividad que será evaluada para su conformidad.

- **Aspecto de verificación:** Se menciona el aspecto a verificar durante la aceptación o inspección de cada actividad.

- **Parámetros de inspección o aceptación:** Se establecen los parámetros que requieren del cumplimiento, para la aprobación de la inspección del proceso productivo o bien para la aceptación de la materia prima o ensayo.

- **Normativa:** Se detalla tanto la normativa nacional como internacional, o bien las distintas fuentes (planos de taller, certificados de calidad, informes de ensayo, manuales, entre otros) de los parámetros de inspección establecidos para cada actividad.

- **Frecuencia:** Se establece la frecuencia con la cual se va a realizar la aceptación o inspección, de las distintas actividades.

- **Documento verificador:** Se define el documento en el cual se verifica el cumplimiento de los parámetros de aceptación o inspección para cada actividad.

- **Responsable:** Se establece la persona responsable de realizar la aceptación o la inspección correspondiente a cada actividad.

2.2.1. Actividades previas al colado

Esta fase del proceso de producción de los elementos prefabricados en esta matriz, se le llama actividades previas al colado. Aquí, se encuentran una serie de aspectos importantes realizados durante la fabricación. Son actividades que deben prepararse y aprobarse específicamente en el momento previo al colado del concreto. Estas requieren un control de calidad durante su desarrollo. De este modo, se da un seguimineto riguroso. A continuación se detalla cada uno de estos aspectos.

- **Conformidad de moldes:** en este punto se busca la aceptación del molde a utilizar durante el proceso de fabricación. Los aspectos de verificación, son las dimensiones (longitud, altura y ancho) y la geometría (cuadratura horizontal, vertical y pendientes). Para este caso, los parametros de aceptación son tomados del capitulo 10, sección 10.10, del PCI MNL 135, *Manual de Tolerancias para la Construcción de*

Concreto Prefabricado y Pretensado (2000), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Estos parametros de aceptación se evalúan con una frecuencia de cada elemento fabricado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades previas al colado.

Imagen 7. Moldes y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del recubrimiento:** en este punto se inspecciona la conformidad del recubrimiento. El aspecto de verificación es el recubrimiento, con un parámetro de inspección obtenido del plano de taller del elemento a producir. Este se evalúa con una frecuencia de cada elemento fabricado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la planta de prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades previas al colado.

Imagen 8. Medición de recubrimiento y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la separación del acero longitudinal:** en este punto se inspecciona la conformidad de la separación del acero longitudinal. El aspecto de verificación es la separación del acero en la totalidad del elemento, con un parámetro de inspección obtenido del plano de taller del elemento a producir. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento fabricado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades previas al colado.

Imagen 9. Separación de acero longitudinal y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la separación del acero transversal:** en este punto se inspecciona la conformidad de la separación del acero transversal. El aspecto de verificación es la separación en el nivel superior e inferior del elemento , con un parámetro de inspección obtenido del plano de taller del elemento a producir. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento fabricado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades previas al colado.

Imagen 10. Separación de acero transversal y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la máquina de tensado:** en este punto se busca la aceptación de la máquina de tensado. El aspecto de verificación es la capacidad de esta, con un parámetro de aceptación obenido del certificado de calibración. Este parámetro de aceptación se evalúa con una frecuencia semestral. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja el certificado de calibración emitido por el laboratorio encargado, como documento verificador en el expediente del elemento en fabricación.

Imagen 11. Máquina para tensado y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la carga de tensado del acero de presfuerzo:** en este punto se inspecciona la conformidad de la fuerza de tensado del acero de presfuerzo. El aspecto de verificación es la fuerza de tensado, con un parámetro de inspección obtenido del plano de taller del elemento a producir. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento fabricado.Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades previas al colado.

Imagen 12. Máquina para verificación de carga de tensado, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de ductos para torones:** en este punto se inspecciona la conformidad de los ductos para torones. El aspecto de verificación es la ubicación y el diámetro; con un parámetro de inspección obtenido del plano de taller del elemento a producir. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento fabricado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades previas al colado.

Imagen 13. Verificación de ductos y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de los puntos de izaje o manipulación del elemento:** en este punto se inspecciona la conformidad de los puntos de izaje. Los aspectos de verificación son la ubicación de los puntos de izaje de forma paralela y transversal a la longitud del elemento, con parámetros de inspección que se obtienen del capitulo 10, sección 10.10, del PCI MNL 135, *Manual de Tolerancias para la Construcción de Concreto Prefabricado y Pretensado* (2000), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Se evalúan con una frecuencia de cada elemento fabricado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades previas al colado.

Imagen 14. Puntos (gazas) de izaje y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

2.2.2. Materias primas

Otra de las fases importantes, es la aceptación de todas las materias primas que se utlizan durante el proceso de producción de los elementos prefabricados. En este ámbito, se encuentran materias primas que se utilizan tanto en actividades previas al colado, como durante la producción del concreto cuando se tenga una vez desmoldeado el elemento. A continuación, se mencionan aspectos importantes que requieren del control de calidad durante esta fase del proceso.

- **Conformidad del agregado fino (arena natural y arena industrial):** en este punto se busca la aceptación del agregado fino que se utilizará en la producción del concreto. Los aspectos de verificación son la granulometría, el módulo de finura, el equivalente de arena, las partículas friables y arcillosas y la durabilidad, con unos parámetros de aceptación obtenidos de la división 700, sección 703.01, del *CR-2010, Manual de espcificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes* (2010). Estos parametros de aceptación se evalúan con una frecuencia semanal. Dicha evaluación es realizada por el encargado de control de calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el informe de ensayo emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 15. Agregado fino y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del agregado grueso:** en este punto se busca la aceptación del agregado grueso que se utilizará en la producción del concreto. Los aspectos de verificación son la granulometría, la capa adherente, las partículas friables y arcillosas, la durabilidad y la abrasión (tipo B), con unos parámetros de aceptación que se obtienen de la división 700, sección 703.02, del *CR-2010, Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes* (2010). Estos parametros de aceptación se evalúan con una frecuencia semanal. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el informe de ensayo emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 16 Agregado grueso y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Propia Marzo 2020.

- **Conformidad del cemento:** en este punto se busca la aceptación del cemento que se utilizará en la producción del concreto. Los aspectos de verificación son la expansión autoclave, el contenido de aire, la fragua inicial, la fragua final, el falso fraguado,la expansión barras, la resistencia a compresión a 24 hrs y 3 días, con unos parámetros de aceptación que se obtienen del *RTCR 479:2015, Reglamento Técnico de Materiales de Construcción y Cementos Hidráulicos* (2015). Estos parámetros de aceptación se evalúan con una frecuencia mensual. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja el certificado de calidad emitido por el proveedor, como evidencia en el expediente del elemento en fabricación.

Imagen 17. Silos de cemento y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del aditivo:** en este punto se busca la aceptación del aditivo que se añadirá en la producción del concreto. Los aspectos de verificación son los sólidos totales, la densidad y el rango de ph, con unos parámetros de aceptación que se obtienen del certificado de calidad y la norma *ASTM C494, Especificación estándar para aditivos químicos para concreto* (2011). Estos parametros de aceptación se evalúan con una frecuencia mensual. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja el certificado de calidad emitido por el proveedor, como evidencia en el expediente del elemento en fabricación.

Imagen 18. Tanque de aditivo y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del agua:** en este punto se busca la aceptación del agua que se utilizará en la producción del concreto. El aspecto de verificación es la potabilidad, con un parámetro de aceptación que se obtiene de la norma *ASTM C1602, Especificación estándar para el agua utilizada en la producción de concreto con cemento hidráulico* (2012). Este parámetro de aceptación se evalúa con una frecuencia semestral. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el informe de ensayo emitido por la empresa encargada.

Imagen 19. Tanque de agua y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H.Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del desmoldante:** en este punto se busca la aceptación del desmoldante a utilizar en los moldes. Los aspectos de verificación son el nivel de ph, la volatilidad por volumen y por peso, con unos parámetros de aceptación que se obtienen de la hoja de seguridad. Estos parámetros de aceptación se evalúan con una frecuencia mensual.Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: la hoja de seguridad emitida por el proveedor.

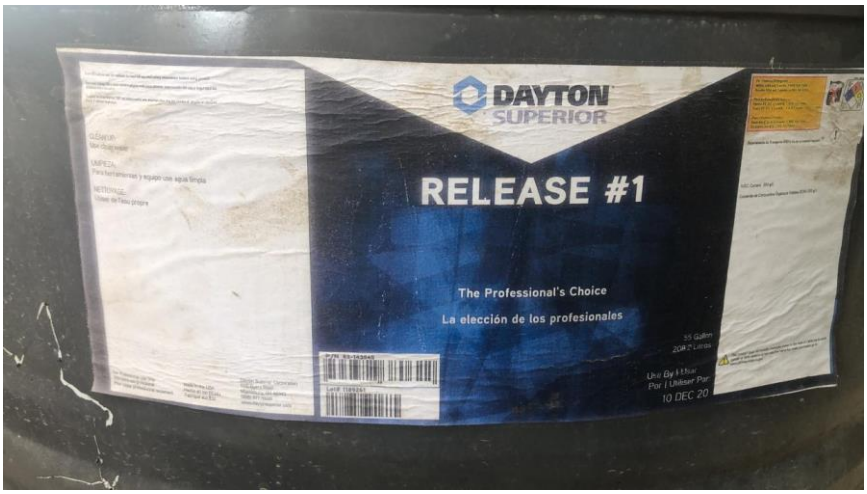


Imagen 20. Desmoldante y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del material de curado:** en este punto se busca la aceptación del material para el curado de los elementos prefabricados. Los aspectos de verificación son los sólidos totales y la densidad en 20 ºC, con unos parámetros de aceptación obtenidos de la hoja de seguridad. Estos parámetros de aceptación se evalúan con una frecuencia mensual.Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: la hoja de seguridad emitida por el proveedor.

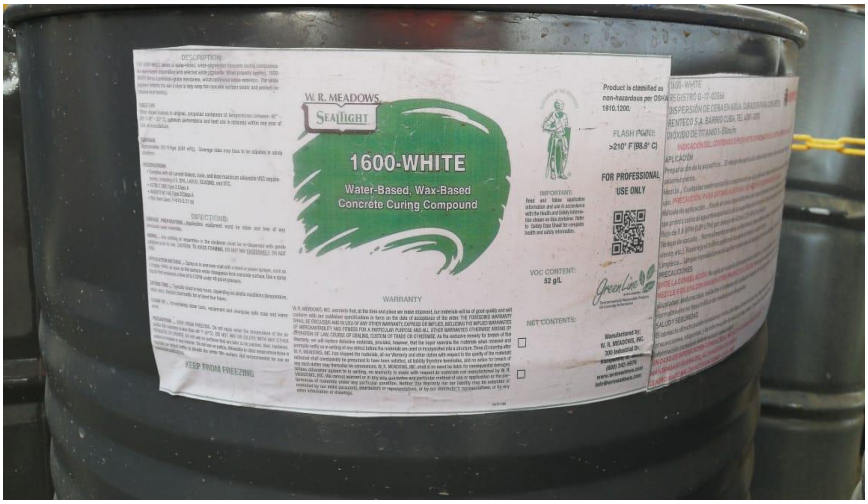


Imagen 21. Membrana de curado y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de torones (acero de presfuerzo):** en este punto se busca la aceptación de los torones de presfuerzo. Los aspectos de verificación son la carga mínima de rotura, la carga mínima al 1% y el alargamiento, con unos parámetros de aceptación obtenidos de la ficha técnica. Estos parámetros de aceptación se evalúan con una frecuencia mensual. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: la ficha técnica y el informe de ensayo, emitidos por el proveedor y el laboratorio encargado.

Imagen 22. Torones y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de las varillas (acero de refuerzo):** en este punto se busca la aceptación de las varillas a utilizar como acero de refuerzo.Los aspectos de verificación son el esfuerzo máximo, el esfuerzo de fluencia y la elongación, con unos parámetros de aceptación obtenidos de la ficha técnica. Estos parámetros de aceptación se evalúan con una frecuencia mensual. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador, en el expediente del elemento en fabricación: la ficha técnica y el informe de ensayo, emitidos por el proveedor y el laboratorio encargado.

Imagen 23. Acero de refuerzo (varillas) y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

2.2.3. Elaboración de concreto

Con respecto a la fase de elaboración del concreto, se cuenta con una serie de actividades que requieren su debida inspección y aceptación, para obtener una mezcla de concreto optima según sus requerimientos. De este modo, una vez que cumpla con cada una de las evaluaciones, se procede con su colocación en el elemento requerido. Para este punto, se toman en cuenta actividades que se realizan antes, durante y después de la producción del bache de concreto. Se mecionan a continuación:

- **Conformidad del sistema de pesado de la planta de concreto:** en este punto se inspecciona la conformidad del sistema de pesado de la planta de concreto. Los aspectos de verificación son las pesas de agregados y cemento, también los dosificadores tanto de agua como de aditivo, con parámetros de inspección que se obtienen del certificado de calibración y de la norma ASTM C94, *Especificación estándar de mezclas de concreto* (2020). Se evalúan con una frecuencia diaria. Dicha evaluación, es realizada por el encargado de la Planta de Concreto; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de elaboración de concreto.

Imagen 24. Banda de pesaje y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad dosificación:** en este punto se inspecciona la conformidad de la dosificación de los componentes de la mezcla de concreto. El aspecto de verificación es la secuencia, con parámetro de inspección obtenido del diseño de concreto. Se evalúa con una frecuencia de cada bache realizado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Concreto; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de elaboración de concreto.

Imagen 25. Sistema para dosificación de componentes para mezcla de concreto y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del tiempo de mezclado:** en este punto se inspecciona la conformidad del tiempo de mezclado. El aspecto de verificación es el tiempo de duración, con parámetro de inspección obtenido del diseño de concreto. Se evalúa con una frecuencia de cada bache realizado. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Concreto; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de elaboración de concreto.

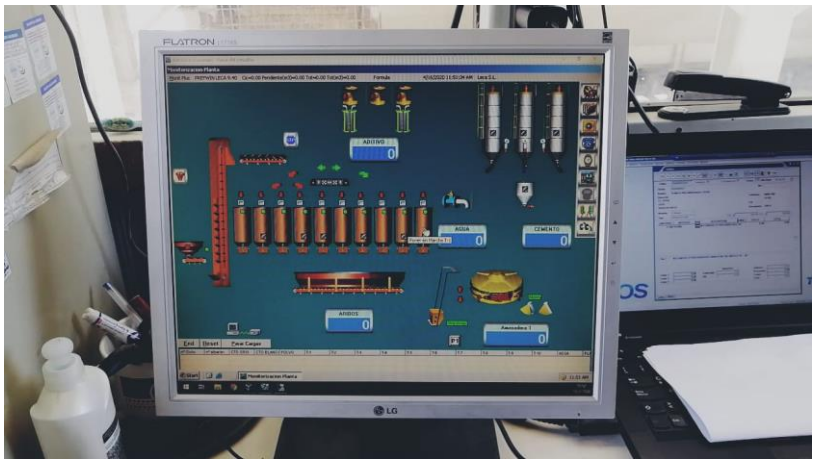


Imagen 26. Sistema para tiempo de mezclado y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la humedad de los agregados para corrección del diseño de concreto:** en este punto se inspecciona la conformidad de la humedad de los agregados para la corrección del diseño de concreto por humedad. El aspecto de verificación es la humedad de los agregados, con parámetro de inspección obtenido del diseño de concreto. Se evalúa con una frecuencia de cada medio día. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Concreto; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de contenido de humedad emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 27. Zona de muestras para humedades de agregados y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del asentamiento:** en este punto se busca la aceptación del asentamiento del concreto. El aspecto de verificación es el asentamiento, con un parámetro de aceptación obtenido del diseño de concreto. Este parámetro de aceptación se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de muestreo de concreto emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 28 Asentamiento del concreto, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la temperatura del concreto:** en este punto se busca la aceptación de la temperatura del concreto. El aspecto de verificación es la temperatura, con un parámetro de aceptación obtenido del diseño de concreto. Este parámetro de aceptación se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de muestreo de concreto emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 29. Temperatura del concreto y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del contenido de aire del concreto:** en este punto se busca la aceptación del contenido de aire del concreto. El aspecto de verificación es el contenido de aire, con un parámetro de aceptación obtenido del diseño de concreto. Este parámetro de aceptación se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de muestreo de concreto, emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 30. Contenido de aire en el concreto y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

2.2.4. Colocación y compactación del concreto

En la fase de colocación y compactación del concreto se toman en cuenta una serie de actividades de suma importancia para el proceso de producción de los elementos prefabricados. Esto debido a que estas pueden afectar de manera importante al producto final. Por tanto, es vital la supervisión y aprobación de las acitividades a continuación.

- **Conformidad del tiempo de colocación del concreto:** en este punto se inspecciona la conformidad del tiempo de colocación del concreto.El aspecto de verificación es el tiempo de colocación, con parámetro de inspección obtenido del diseño de concreto. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de colocación y compactación de concreto.

Imagen 31. Tiempo de colocación del concreto y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la altura de caída del concreto durante la colocación:** en este punto se inspecciona la conformidad de la altura de caída del concreto durante la colocación. El aspecto de verificación es la altura de caída, con parámetro de inspección que se obtiene de la división 4, sección 4.16.1, del *PCI MNL 116, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto*

prefabricado estructural (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento, dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de colocación y compactación de concreto.

Imagen 32. Altura de caída del concreto durante colocación, vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020)

- **Conformidad de las capas de colocación del concreto:** en este punto se inspecciona la conformidad de las capas de colocación del concreto. El aspecto de verificación es la capa de colocación, con parámetro de inspección que se obtiene de la división 4, sección 4.16.9, del *PCI MNL 116, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto prefabricado estructural* (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de colocación y compactación de concreto.

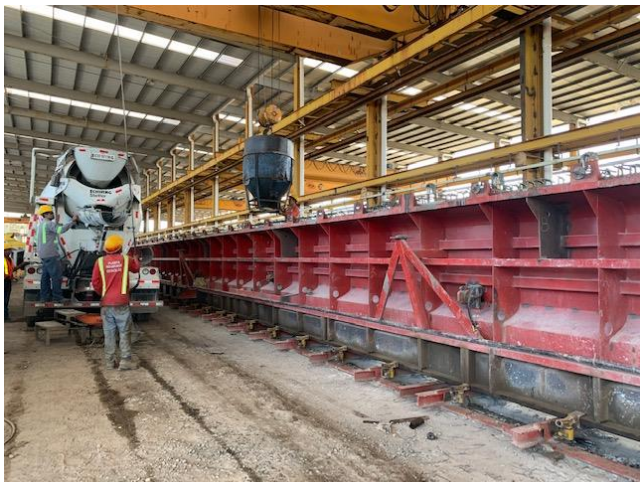


Imagen 33. Verificación de colocación del concreto y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del muestreo de concreto:** en este punto se inspecciona la conformidad del muestreo de concreto. El aspecto de verificación es la toma de la muestra según la cantidad de descarga del camión mezclador, con parámetro de inspección obtenido de la norma *ASTM C172, Práctica estándar para el muestreo de concreto recién mezclado* (2017). Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de colocación y compactación de concreto.

Imagen 34. Muestreo del concreto y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del moldeo de especímenes de concreto:** en este punto se inspecciona la conformidad del moldeo de los especímenes de concreto. Los aspectos de verificación son el lugar de moldeo, el tiempo para el moldeo, el tamaño de los moldes, la cantidad de capas y apisonamientos y la cantidad de especímenes moldeados, con parámetros de inspección obtenidos de la norma *ASTM C31, Práctica estándar para el moldeo y cura de especímenes de concreto en campo (2019).* Se evalúa con una frecuencia de cada elemento, dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja ,como evidencia, documentos verificadores en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de colocación y compactación de concreto, así como el registro de muestreo de concreto emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 35. Moldeo de especímenes de concreto y vigas prefabricadas, Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del proceso de compactación:** en este punto se inspecciona la conformidad del proceso de compactación del concreto. Los aspectos de verificación son el tiempo de compactación y la segregación del concreto, con parámetros de inspección que se obtienen respecto al diseño de concreto y la división 4, sección 4.16.3, del *PCI MNL 116, Manual de control de calidad de las plantas y*

producción de productos de concreto prefabricado estructural (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades de colocación y compactación de concreto.

Imagen 36. Compactación del concreto con vibradores externos y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

2.2.5. Precurado

En la fase de precurado se toma en cuenta el proceso realizado una vez que se haya colado la totalidad del elemento prefabricado, dentro de esta fase se cuenta con un solo aspecto sujeto a conformidad, el cual se menciona a continuación.

- **Conformidad del proceso de pre curado:** en este punto se inspecciona la conformidad del proceso de pre curado del elemento prefabricado.El aspecto de verificación es el cubrimiento del elemento con lona, con parámetro de inspección que se obtiene de la división 4, sección 4.18, del *PCI MNL 116, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto prefabricado estructural* (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la planta de prefabricados; quien deja como videncia un

documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividad de precurado.

Imagen 37. Precurado y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

2.2.6. Producto terminado

En la fase de producto terminado, se incluyen una serie de actividades que se realizan para finalizar el proceso de fabricación del elemento prefabricado. Se toman en cuenta importantes aspectos, desde el momento de desmolde del elemento hasta el momento de la aplicación de la membrana de curado como etapa final. A continuación, se mencionan las actividades tomadas en cuenta para esta fase del proceso de producción:

- **Conformidad de la resistencia a la compresión de especímenes de concreto:** en este punto se busca la aceptación de la resistencia a la compresión de los especímenes de concreto. El aspecto de verificación es la resistencia a la compresión, con un parámetro de aceptación obtenido del diseño de concreto. Este parámetro de aceptación se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el informe de concreto emitido por el laboratorio encargado.

Imagen 38. Resistencia a la compresión y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del proceso de desmolde:** en este punto se inspecciona la conformidad del proceso de desmolde. Los aspectos de verificación son las oquedades, los despuntes y el tamaño de burbujas de aire, con parámetros de inspección obtenidos de la división 2, sección 2.7, del *PCI MNL 116, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto prefabricado estructural (1999)*, del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades para producto terminado.

Imagen 39. Desmolde de elemento y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la elongación de los torones:** en este punto se inspecciona la conformidad de la elongación de los torones. El aspecto de verificación es la elongación de los torones, con parámetro de inspección obtenido de la división 5, sección 5.3.11, *del PCI MNL 116, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto prefabricado estructural* (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades para producto terminado.

Imagen 40. Elongación de torones y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la carga de rotura del acero de presfuerzo:** en este punto se inspecciona la conformidad de la carga de rotura del acero de presfuerzo. El aspecto de verificación es la carga de rotura, con parámetro de inspección obtenido del plano de taller. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades para producto terminado.

Imagen 41. Verificación de carga de rotura y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de las grúas:** en este punto se busca la aceptación de la conformidad de las grúas. El aspecto de verificación es la capacidad de ellas, con parámetro de aceptación obtenido de la ficha técnica. Se evalúa con una frecuencia semestral. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades para producto terminado.

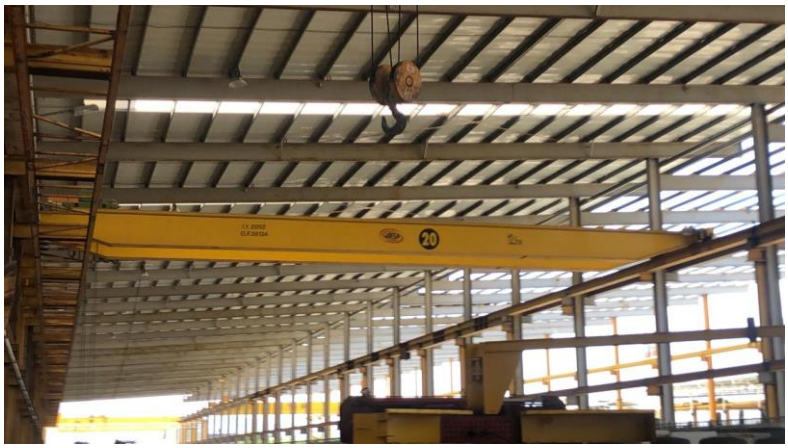


Imagen 42. Grúas y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del proceso de izaje:** en este punto se inspecciona la conformidad del proceso de izaje. Los aspectos de verificación son el equipo para izaje y el izaje del elemento, con parámetros de inspección obtenidos de la división 2, sección 2.7, del PCI MNL 116*, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto prefabricado estructural* (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado . Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades para producto terminado.

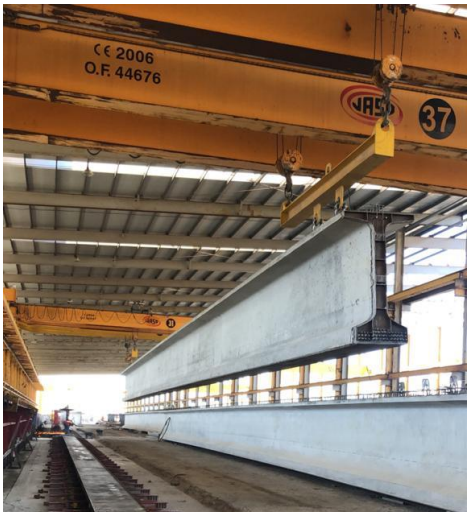


Imagen 43. Izaje del elemento y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad del proceso de curado:** en este punto se inspecciona la conformidad del proceso de curado del elemento prefabricado. Los aspectos de verificación son el curado en patio y la aplicación de membrana de curado, con parámetros de inspección que se obtienen de la división 4, secciones 4.18 y 4.20.3 respectivamente, del PCI MNL 116*, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto prefabricado estructural* (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado . Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador

en el expediente del elemento en fabricación: el registro de actividades para producto terminado.

Imagen 44. Elemento con membrana de curado y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

- **Conformidad de la zona de almacenamiento:** en este punto se inspecciona la conformidad de la zona de almacenamiento de los elementos prefabricados. El aspecto de verificación es la zona de almacenamiento, con parámetro de inspección que se obtiene de la división 2, sección 2.7.3, del PCI MNL 116*, Manual de control de calidad de las plantas y producción de productos de concreto prefabricado estructural* (1999), del Instituto del Concreto Prefabricado y Pretensado . Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de la Planta de Prefabricados; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación : el registro de actividades para producto terminado.

Imagen 45. Zona de almacenamiento de elementos prefabricados y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

2.2.7. Liberación de producto

Liberación del producto es la fase final del proceso de producción de los elementos prefabricados. En esta fase se establece la aprobación para liberar el producto al proyecto requerido, de esta forma, se establece lo siguiente:

- **Conformidad de todas las secciones supervisadas:** en este punto se busca la aceptación de la conformidad de todas las secciones supervisadas en las fases anteriores. El aspecto de verificaciónes es la apobación para el despacho del elemento prefabricado, con parámetro de aceptación obtenido de la matriz del plan de muestreo y puntos de control. Se evalúa con una frecuencia de cada elemento. Dicha evaluación es realizada por el encargado de Control de Calidad; quien deja como evidencia un documento verificador en el expediente del elemento en fabricación.

Imagen 46. Zona de liberación de elementos prefabricados y vigas prefabricadas. Planta de Prefabricados H. Solís. Fuente: Elaboración propia (2020).

2.3. Registros de muestreos y puntos de control

El Departamento de Gestión de la Calidad en conjunto con los encargados de cada parte involucrada en el proceso de producción de los elementos prefabricados deben desarrollar un sistema de registros óptimo y eficaz para cada una de las actividades a realizar durante la fabricación de los elementos. Los registros sirven para verificar el uso apropiado de materiales y procedimientos de producción. Los registros se deben de mantener archivados, al menos cinco años o más según lo especifique el Departamento de Calidad.

Los registros son herramientas útiles para los encargados de producción para el control y trazabilidad de actividades, ya que se pueden verificar los materiales y procedimientos en los que se produjeron errores y requieran ser modificados, así como también variar el uso de ciertos materiales o diseños para un producto en específico. Estas son las razones, por las cuales todos los errores encontrados en la inspección previa, durante y posterior a la producción de los elementos prefabricados deben de documentarse.

En busca de la buena aplicación de la matriz del plan de muestreo y puntos de control, se implementan una serie de registros necesarios para la aceptación o inspección de algunas actividades y materiales requeridos durante la producción de los elementos prefabricados. Estos fueron establecidos entre los puntos 2.2.1 al 2.2.7, ya que se busca dejar evidencia de

la supervisión efectuada en todas y cada una de las secciones necesarias para cumplir a cabalidad con la matriz implementada en el punto 2.2.

Los registros están divididos en las fases previamente establecidas en el punto 2.2. De esta manera, se da una adecuada trazabilidad según el aspecto que se esté evaluando en su momento. Cabe destacar que no todas las fases requieren de la implementación de registros, ya que alguna fase puede depender únicamente de los certificados o informes emitidos y suministrados por los distintos proveedores, los cuales, de igual manera, se archivarán en el expediente del elemento en fabricación.

Los registros de las fases de producción que se requieren, se dividen de la siguiente manera:

- Registro de actividades previas al colado
- Registro de actividades de elaboración de concreto
- Registro de actividades de colocación y compactación de concreto
- Registro de actividad de precurado
- Registro de actividades para producto terminado

Cada uno de estos registros debe tener el mismo formato, esto para la facilidad y buena praxis de los encargados. Cada registro contará con la secciones que se mencionan a continuación.

2.3.1. Fecha

Sección en la que se anota la fecha del día en que se realiza la evaluación.

2.3.2. Proyecto

Sección en la que se anota el nombre del proyecto al cual pertenece el elemento prefabricado en evaluación.

2.3.3. Elemento

Sección en la que se anota el nombre, código, número o aspecto de identificación para cada elemento prefabricado, estipulado por la Planta de Prefabricados.

2.3.4. Actividad

Sección en la que se detallan cada una de las actividades a evaluar durante cada fase de producción; actividades que fueron establecidas entre los puntos 2.2.1 al 2.2.7 de la matriz del plan de muestreo y puntos de control.

2.3.5. Aspectos de verificación

Sección en la que se detallan los aspectos a verificar para cada actividad; los aspectos establecidos para cada actividad indicada entre los puntos 2.2.1 al 2.2.7 de la matriz del plan de muestreo y puntos de control.

2.3.6. Parámetros de aceptación o inspección

Sección en la que se detallan los parámetros de aceptación o inspección para cada aspecto de verificación, establecidos entre los puntos 2.2.1 al 2.2.7 de la matriz del plan de muestreo y puntos de control.

2.3.7. Cumplimiento

Sección en la que se deja evidencia del cumplimiento o no, de cada actividad evaluada.

2.3.8. Observaciones

Sección establecida para anotar cualquier observación que el evaluador crea necesaria o pertinente para la actividad evaluada.

2.3.9. Responsable

Sección en la que se anota el nombre, firma y puesto del evaluador.

Es importante destacar que una vez finalizada la evaluación en cada una de las diferentes fases de producción, todos y cada uno de los registros utilizados, deben ser archivados en el expediente del elemento en fabricación.

CAPITULO 3. PROPUESTA

3.1. Manual de gestión de calidad

3.1.1. Objetivo

El objetivo de este manual de calidad es cumplir con los parámetros de calidad establecidos. De esta forma, se procura producir elementos prefabricados de la más alta calidad y cumplir con las expectativas de entrega de los elementos prefabricados. Esto se ha de conseguir estableciendo factores y métodos tanto de prevención como mitigación para las inconformidades o fallas encontradas (de manera temprana) durante el proceso de producción. Además, es importante la adecuada capacitación del personal involucrado en el proceso de producción, además, de los encargados de la buena implementación y aplicación de la calidad. De esta manera, se corrige en tiempo y forma, para no llegar a desechar ningún producto una vez fabricado.

De igual manera, se busca cumplir con los requisitos para entregar productos de calidad en cumplimiento con los requerimientos de sus proyectos. Al mismo tiempo, en que se busca satisfacer las necesidades de los clientes por medio de la mejora continua del sistema de calidad. Con todo esto, se proporciona confianza a los clientes y se fortalece la capacidad técnica del personal.

3.1.2. Plan de aseguramiento de la calidad

3.1.2.1. Compromiso de gestión con la calidad

El presente documento tiene por compromiso el aseguramiento de la calidad de la planta de prefabricados. En él se describen las disposiciones generales para asegurar la calidad de las materias primas y cada uno de los procesos que se desarrollan durante la producción de los elementos prefabricados. Esto con el fin de prevenir la aparición de no conformidades o inconsistencias, para aplicar las acciones precisas para evitar su repetición, y para, a través de la gestión de los procesos, alcanzar la mejora continua, así como la satisfacción de los clientes.

3.1.2.2. Estructura organizacional y relaciones

- **Alta gerencia:** son la máxima autoridad de la empresa, todo el personal se encuentra bajo su mando.

- **Ingeniería:** son los responsables de los diseños de los elementos prefabricados, rinden cuentas a la alta gerencia y tienen bajo su cargo a los encargados de la Planta de Prefabricados y la Planta de Concreto.

- **Encargado de Planta de Prefabricados:** es el responsable de todo el sistema operacional de la Planta de Prefabricados, rinde cuentas al Departamento de Ingeniería. Además, cuenta con la responsabilidad de los operadores de la planta de prefabricados.

- **Encargado de la Planta de Concreto:** es el responsable de todo el sistema operacional de la Planta de Concreto, rinde cuentas al Departamento de Ingeniería, además cuenta con la responsabilidad de los operadores de la Planta de Concreto.

- **Encargado de Control de Calidad:** es el responsable de todo el sistema de calidad. Rinde cuentas a la alta gerencia.

- **Operadores:** son los responsables de actividades varias dentro del proceso de producción de los elementos prefabricados. Rinden cuentas al respectivo encargado según la actividad asignada (Planta de Concreto, Planta de Prefabricados o Control de Calidad).

*3.1.*2.3. Revisión de la gestión del programa de aseguramiento de la calidad

La revisión de la gestión del programa de aseguramiento de la calidad se llevará a cabo cada seis meses, esto con el fin de asegurar la idoneidad y efectividad de la mejora continua del sistema de calidad.

3.1.2.4. Procedimientos de compra

Los procesos de compra deberán de realizarse bajo las necesidades y requerimientos de la Planta de Prefabricados y sus respectivos encargados. De

esta manera, someter dichos procesos al control de calidad para la aceptación de los materiales y suministros.

3.1.2.5. Capacitación del personal

Se capacitará el personal involucrado en el proceso de producción de los elementos prefabricados, el uso de la matriz de plan de muestreo y puntos de control, así como también sus respectivos registros de control. Esto con el propósito de mitigar errores inducidos, y asegurar un producto de calidad cumpliendo con los requerimientos del cliente.

3.1.2.6. Control metrológico

Se debe contar con el respaldo metrológico de los equipos a utilizar durante el proceso de producción de los elementos prefabricados, para un buen control. De esta manera, se podrán mitigar los errores, los cuales pueden inducir los equipos sin un óptimo control metrológico. Se dejará evidencia en el expediente del elemento en fabricación.

3.1.2.7. Registros de control

Cada una de las actividades importantes y críticas (realizadas durante el proceso de producción de los elementos prefabricados) contará con su respectivo registro. Esto con el fin de dejar evidencia del proceso de evaluación al cual fue sometido y contar con la trazabilidad requerida de cada elemento en fabricación; estos son establecidos como registros de control.

3.1.2.8. Planos de taller

Se cuenta con el plano de taller emitido por el Departamento de Ingeniería, en el cuál se estipulan los detalles y parámetros requeridos para la producción de los elementos prefabricados.

3.1.2.9. Procedimientos para la inspección y aceptación

Se establece una matriz de calidad en la cual se establecen el plan de muestreo y los puntos de control, que se evaluarán durante el proceso de producción de los elementos prefabricados. Esto con el propósito de brindar un seguimiento exhaustivo a las actividades esenciales involucradas durante la fabricación. Esta matriz se denomina como matriz de plan de muestreo y puntos de control.

3.1.3. Procedimientos documentados

Un registro completo y preciso de las operaciones e inspección es beneficioso para un productor, en caso de surgir cuestionamientos durante el uso de materiales o equipos y procesos de la planta. Este es el motivo de la matriz de plan de muestreo y puntos de control, donde se documenta y se deja evidencia de la inspección o aceptación de toda actividad importante inmiscuida en el proceso de producción.

3.1.4. Recurso humano y responsabilidades

3.1.4.1. Alta gerencia

Son los responsables de la empresa. Encargados de gestionar los recursos para implementar y mejorar continuamente el sistema de calidad. Además, comunican a la organización la importancia de satisfacer y cumplir los requisitos del cliente. También, mantienen la integridad del sistema de calidad cuando se realicen cambios.

3.1.4.2. Ingeniería

Son los responsables de los diseños de los elementos prefabricados, así como de las especificaciones y detalles para la producción, la manipulación y el montaje. Deben de tener la capacidad de resolver los problemas e idear métodos de solución según sea el caso.

3.1.4.3. Encargado de Planta de Prefabricados

Es el responsable de todo el sistema operacional y logístico de la Planta de Prefabricados, así como de sus colaboradores. De igual manera, en conjunto con el encargado de Control de Calidad y el encargado de la Planta de Concreto, velan por la inspección y aceptación de las actividades del proceso de producción de los elementos prefabricados.

3.1.4.4. Encargado de la Planta de Concreto

Es el responsable de todo el sistema operacional y logístico de la Planta de Concreto, así como de sus colaboradores. Además, en conjunto con el encargado de Control de Calidad y el encargado de la Planta de Prefabricados, velarán por la inspección y aceptación de las actividades del proceso de producción de los elementos prefabricados.

3.1.4.5. Encargado de Control de Calidad

Es el responsable de todo el sistema de calidad. Asimismo, en conjunto con el encargado de la Planta de Concreto y el encargado de la Planta de Prefabricados, velan por la inspección y aceptación de las actividades del proceso de producción de los elementos prefabricados, así como la aprobación para la liberación del producto final.

3.1.4.6. Operadores

Son los responsables de actividades varias dentro del proceso de producción de los elementos prefabricados, dichas actividades son establecidas y distribuidas por los respectivos encargados según la conveniencia y buena praxis de la Planta de Prefabricados, Planta de Concreto o Control de Calidad.

Aunado a esto, lo que respecta a las responsabilidades específicas tanto del encargado de la Planta de Prefabricados, como el encargado de la Planta de Concreto y el encargado del Control de Calidad, durante el proceso de producción de los elementos prefabricados, quedan establecidas y evidenciadas, en la matriz de plan de muestreo y puntos de control, así como también dentro de los registros de control.

3.1.5. Ingeniería

Son los responsables de los diseños de los elementos prefabricados, así como de las especificaciones y detalles para la producción, la manipulación y el montaje. Deben de tener la capacidad de resolver los problemas e idear métodos de solución según sea el caso. Este departamento es uno de los más importantes, ya que de aquí nace la base del proceso de producción de los elementos prefabricados.

3.1.6. Planos

La función principal de los planos/dibujos de los elementos prefabricados (montaje y producción), es la traducción o proyección de los requisitos o especificaciones establecidas en los contratos, en información utilizable para la fabricación, manipulación y montaje, de una manera precisa y eficiente de los elementos.

Dentro del Departamento de Ingeniería se cuenta con los dibujantes de los planos de taller, los mismos deben de contar con detalles específicos, claros y completos que reflejen los requerimientos del cliente, para de esta manera, minimizar o anular los errores durante los procesos de producción.

En interés de los precursores e ingenieros, las responsabilidades de diseño de cada parte deben estar claramente definidas. Se recomienda que esto se haga y quede como respaldo en los terminos del contrato. Las responsabilidades del ingeniero están sujetas a relaciones contractuales con el propietario.

3.1.7. Producción

Dentro de la producción de los elementos prefabricados, se encuentran inmiscuidos los encargados de la planta de prefabricados, planta de concreto, control de calidad y operadores. Estos están capacitados para cada una de sus funciones. Además, todo este personal según su responsabilidad, contará con la matriz de plan de muestreo y puntos de control para desarrollar con éxito la fabricación de los elementos.

3.1.8. Control de Calidad

El Departamento de Calidad es el encargado de velar por la conformidad de todas las evaluaciones realizadas por los diferentes encargados, durante todo el proceso de producción de los elementos prefabricados. De esta manera, se crea la matriz de plan de muestreo y puntos de control, con la que se busca llevar de manera clara, ordenada y trazable el control de calidad durante la fabricación de todos y cada uno de los elementos. La evidencia y respaldo quedará en el expediente del elemento en fabricación.

El Departamento de Control de Calidad es el encargado de que una vez revisadas y aprobadas todas las actividades involucradas en el proceso, se dé el visto bueno para la liberación del producto final, para proceder con el despacho o almacenaje según sea requerido.

3.1.9. Responsable del diseño

El Departamento de Ingeniería es el responsable de proyectar los requisitos de los elementos prefabricados solicitados por el cliente para el proyecto, en

muestras, planos de taller, herramientas, procedimientos de fabricación e instalación, y trasladarlos al departamento encargado de la producción.

3.1.10. Muestras para proyecto y aprobación final para el inicio de producción

Antes de iniciar con el proceso de producción de los elementos prefabricados, se fabrica una muestra representativa del elemento a producir, esto con el fin de obtener la aprobación tanto del cliente como del Departamento de Ingeniería y Control de Calidad.

Del mismo modo, estas se almacenarán y colocarán al aire libre en la planta, para permitir la comparación con los elementos de producción. Deben almacenarse adyacentes entre sí para permitir una iluminación adecuada (sol y sombra) para las comparaciones diarias con los elementos de producción para lo que respecta su acabado y exposición. Las muestras deben realizarse lo más cercano posible a la realidad, respecto a los elementos reales para producción. Una vez obtenido el visto bueno de esta muestra se puede dar inicio con la producción de los elementos prefabricados requeridos.

3.2. Matriz de plan de muestreo y puntos de control

3.2.1. Actividades previas al colado

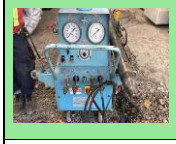
Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad de moldes	Dimensiones	Longitud: ±25 mm Altura: +13 mm, -6 mm Ancho: +10 mm, -6 mm	PCI MNL 135 Capitulo 10 Sección 10.10	Cada elemento	Registro de actividades previas al colado	Encargado de planta de prefabricados - Aceptación
	Geometría	Cuadratura horizontal: Máximo ±13 mm Cuadratura vertical: Máximo ±25 mm Pendientes: ≤ 25 mm en longitudes mayores a 24 m				
Conformidad del recubrimiento	Recubrimiento	30 mm	Respecto a plano de taller	Cada elemento	Registro de actividades previas al colado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
Conformidad de la separación de acero longitudinal	Seperación del acero en la totalidad del elemento	@ 200 mm	Respecto a plano de taller	Cada elemento	Registro de actividades previas al colado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
Conformidad de la separación de acero transversal	Separación en nivel superior del elemento	@100 mm, @200 mm, @150 mm y @200 mm	Respecto a plano de taller	Cada elemento	Registro de actividades previas al colado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
	Separación en nivel inferior del elemento	@100 mm, @150 mm y @200 mm				
Conformidad de la máquina de tensado	Capacidad	3000 N/mm²	INDICATOR M871PPK - LANAMME CC CN PP	Semestral	Ficha técnica - Certificado de calibración	Control de calidad - Aceptación
Conformidad de la carga de tensado del acero de presfuerzo 	Fuerza de tensado	1395 N/mm²	Respecto a plano de taller	Cada elemento	Registro de actividades previas al colado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
Conformidad de ductos para torones	Ubicación (Parte inferior)	12 unidades entubados en 2,40 m 6 unidades entubados en 6,30 m 6 unidades entubados en 10,10 m 2 unidades entubados en 14,00 m	Respecto a plano de taller	Cada elemento	Registro de actividades previas al colado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
	Diámetro	19,05 mm				
Conformidad de los puntos de izaje o manipulación del elemento	Ubicación de los puntos de izaje paralelo a la longitud del elemento	±150 mm	PCI MNL 135 Capitulo 10 Sección 10.10	Cada elemento	Registro de actividades previas al colado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
	Ubicación de los puntos de izaje transversal a la longitud del elemento	±25 mm				

Imagen 47. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (actividades previas al colado). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.2.2. Materias primas

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad del agregado fino (arena natural)	Granulometría	Tamiz / % Pasando Malla 9,5 mm (3/8”) 100 Malla 4,75 mm (No.4) 95-100 Malla 2,36 mm (No.8) 80-100 Malla 1,18 mm (No.16) 50-85 Malla 600 µm (No.30) 25-60 Malla 300 µm (No.50) 10-30 Malla 150 µm (No.100) 2-10 Malla 75 µm (No.200) 0-3	CR-2010 División 700 Sección 703.01	Semanal	Informe de ensayo	Control de calidad - Aceptación
	Módulo de finura	2,3 a 3,1				
	Equivalente de arena	≥ 75 %				
	Particulas friables y arcillosas	≤ 3 %				
	Durabilidad	≤ 10 %				
Conformidad del agregado fino (arena industrial)	Granulometría	Tamiz / % Pasando Malla 9,5 mm (3/8”) 100 Malla 4,75 mm (No.4) 80-100 Malla 2,36 mm (No.8) 60-100 Malla 1,18 mm (No.16) 40-85 Malla 600 µm (No.30) 20-60 Malla 300 µm (No.50) 10-45 Malla 150 µm (No.100) 0-30 Malla 75 µm (No.200) 0-18	CR-2010 División 700 Sección 703.01	Semanal	Informe de ensayo	Control de calidad - Aceptación
	Módulo de finura	2,0 a 3,8				
	Particulas friables y arcillosas	≤ 3 %				
	Durabilidad	≤ 10 %				
Conformidad del agregado grueso	Granulometría	Tamiz / % Pasando Malla 37,5 (1 ½”) 100 Malla 25 mm (1”) 95-100 Malla 19 mm (3/4”) - Malla 12,5 mm (1/2”) 25-60 Malla 9,5 mm (3/8”) - Malla 4,75 mm (No.4) 0-10 Malla 2,36 mm (No.8) 0-5 Malla 75 µm (No.200) ≤ 1	CR-2010 División 700 Sección 703.02	Semanal	Informe de ensayo	Control de calidad - Aceptación
	Particulas friables y arcillosas	≤ 2 %				
	Capa Adherente	≤ 1 %				
	Durabilidad	≤ 12 %				
	Abrasión (Tipo B)	≤ 40 %				
Conformidad del cemento	Expansión autoclave	≤ 0,80 %	RTCR 479:2015	Mensual	Certificado de calidad	Control de calidad - Aceptación
	Contenido de aire	≤ 12 %				
	Fragua inicial	≥ 45 min				
	Fragua final	≤ 420 min				
	Falso fraguado	≥ 50 %				
	Expansión barras	≤ 0,02 %				
	Resistencia a compresión 24 horas	≥ 12 MPa				
	Resistencia a compresión 3 días	≥ 24 MPa				
Conformidad del aditivo	Sólidos Totales	34,0 % ± 2,0 %	ASTM C494	Mensual	Hoja de seguridad	Control de calidad - Aceptación
	Densidad	1,10 gr/cc ± 0,02 gr/cc				
	Rango de PH	4,50 ± 1,00				

Imagen 48. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (materias primas). Fuente: Elaboración propia (2020).

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad del agua	Potabilidad	Agua Potable	ASTM C1602M	Semestral	Informe de ensayo	Control de calidad - Aceptación
Conformidad del desmoldante	Nivel de PH	8,50 ±1	OSHA 1910.1200	Mensual	Hoja de seguridad	Control de calidad - Aceptación
	Volatilidad por volumen	≤ 75%				
	Volatilidad por peso	≤ 75%				
Conformidad del material para	Sólidos Totales	72,5% ± 2%	OSHA 1910.1200 - ASTM C309	Mensual	Hoja de seguridad	Control de calidad - Aceptación
	Densidad en 20 ^{o}C	0,861 g/cm³ ± 0,100 g/cm³				
Conformidad de los torones de 15,24 mm	Carga de rotura	≥ 26584 kg	ASTM A416	Mensual	Ficha técnica - Informe de ensayo	Control de calidad - Aceptación
	Carga al 1%	≥ 23923 kg				
	Alargamiento	≥ 3,5 %				
Conformidad de las varillas grado 60	Esfuerzo máximo	≥ 550 MPa	ASTM A706	Mensual	Ficha técnica - Informe de ensayo	Control de calidad - Aceptación
	Esfuerzo fluencia	420 MPa a 540 MPa				
	Elongación	≥ 26584 kg				

Imagen 49. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (materias primas). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.2.3. Elaboración de concreto

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad del sistema de pesado de la planta de concreto	Pesa de agregados	1500 kg ±2 %	ASTM C94 - BALLAR-PT.02	Diaria	Registro de actividades de elaboración de concreto	Encargado planta de concreto - Inspección
	Pesa de cemento	300 kg ±1 %				
	Dosificador de agua	100 L ±1,5 %				
	Dosificador de aditivo	100 L ±3 %				
Conformidad de dosificación	Secuencia	1. Agregados 2. Agua 3. Cemento 4. Aditivo	Respecto a diseño de concreto	Cada bache	Registro de actividades de elaboración de concreto	Encargado planta de concreto - Inspección
Conformidad del tiempo de mezclado	Tiempo de duración	3,5 min a 4,5 min	Respecto a diseño de concreto	Cada bache	Registro de actividades de elaboración de concreto	Encargado planta de concreto - Inspección
Conformidad de humedad de agregados para corrección de diseño concreto	Humedad de agregados	Agregado grueso: 1,5 % a 2,5 % Agregado fino (arena industrial): 3,5 % a 5,5 % Agregado fino (arena natural): 4,5 % a 6,5 %	Respecto a diseño de concreto	2 Veces al día 05:00 a.m. ± 30 min - 12:30 p.m. ± 30 min	Registro de contenido de humedad	Encargado planta de concreto - Inspección
Conformidad del asentamiento	Asentamiento	200 mm a 230 mm	Respecto a diseño de concreto - ASTM C143	Cada elemento	Registro de muestreo de concreto	Control de calidad - Aceptación
Conformidad de la temperatura del concreto	Temperatura	≤ 32 ºC	Respecto a diseño de concreto - ASTM C1064	Cada elemento	Registro de muestreo de concreto	Control de calidad - Aceptación
Conformidad del contenido de aire del concreto	Contenido de aire	1,0 % a 3,0 %	Respecto a diseño de concreto - ASTM C231M	Cada elemento	Registro de muestreo de concreto	Control de calidad - Aceptación

Imagen 50. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (elaboración del concreto). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.2.4. Colocación y compactación de concreto

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad de tiempo de colocación	Tiempo de colocación	≤ 1,5 hrs	Respecto a Diseño de Concreto	Cada elemento	Registro de actividades de colocación y compactación de concreto	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
Conformidad de la altura de caída del concreto durante la colocación	Altura de caída en colocación	≤ 1,5 m	PCI MNL 116 División 4 Sección 4.16.1	Cada elemento	Registro de actividades de colocación y compactación de concreto	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
Conformidad de las capas de colocación del concreto	Capa de colocación	≤ 150 mm	PCI MNL 116 División 4 Sección 4.16.9	Cada elemento	Registro de actividades de colocación y compactación de concreto	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
Conformidad del muestreo de concreto	Toma de muestra según cantidad de descarga del camión mezclador	10 % a 90 %	ASTM C172	Cada elemento	Registro de actividades de colocación y compactación de concreto	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
Conformidad del moldeo de especimenes de concreto	Lugar de moldeo	Superficie plana, rígida y libre de vibraciones	ASTM C31	Cada elemento	Registro de actividades de colocación y compactación de concreto	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
	Tiempo para el moldeo	≤ 15 minutos				
	Tamaño de moldes	Diámetro: 150 mm Altura: 300 mm				
	Cantidad de capas y apisonamientos	3 capas con 25 apsionamientos cada una				
	Cantidad especimenes moldeados	6 unidades			Registro de muestreo de concreto	
Conformidad del proceso de compactación	Tiempo de compactación	5 segundos a 10 segundos	Respecto a Diseño de Concreto	Cada elemento	Registro de actividades de colocación y compactación de concreto	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
	Segregación de concreto	No segregación del concreto	PCI MNL 116 División 4 Sección 4.16.3			

Imagen 51. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (colocación y compactación del concreto). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.2.5. Precurado

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad del proceso de pre curado	Cubrimiento del elemento con lona	Cubrimiento del 100% de la parte expuesta del elemento	PCI MNL 116 División 4 Sección 4.18	Cada elemento	Registro de actividad de pre curado	Encargado de planta de prefabricados - Inspección

Imagen 52. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (pre curado). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.2.6. Producto terminado

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad de resistencia a compresión especimenes de concreto	Resistencia a la compresión	f'c de Transferencia 16 hrs ≥ 350 kg/cm²	Respecto a plano de taller	Cada elemento	Informe de concreto	Control de calidad - Aceptación
Conformidad del proceso de desmolde	Oquedades	Elemento sin precencia de oquedades	PCI MNL 116 División 2 Sección 2.7	Cada elemento	Registro de actividades para producto terminado	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
	Despuntes	Elemento sin precencia de despuntes				
	Tamaño de burbujas de aire	Diámetro ≤ 15 mm Profundidad ≤ 2 mm				
Conformidad de la elongación de los torones	Elongación de torones	± 5 % del valor teórcico	PCI MNL 116 División 5 Sección 5.3.11	Cada elemento	Registro de actividades para producto terminado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
Conformidad de la carga de rotura del acero de presfuerzo	Carga de rotura	≥ 1860 N/mm²	Respecto a plano de taller	Cada elemento	Registro de actividades para producto terminado	Encargado planta de prefabricados - Inspección
Conformidad de las gruas	Capacidad de las grúas	2 Grúas: 20 Ton 2 Grúas: 12,5 Ton	Directiva 89/392/CEE - Directiva 91/368/CEE	Semestral	Ficha técnica	Control de calidad - Aceptación

Imagen 53. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (producto terminado). Fuente: Elaboración propia (2020).

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad del proceso de izaje	Equipo para izaje	Buen estado de ganchos, barra, cable de metal y grilletes	PCI MNL 116 División 2 Sección 2.7	Cada elemento	Registro de actividades para producto terminado	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
	Izaje del elemento	Distribución de fuerzas equitativamente en ambos extremos e izaje horizontal del elemento				
Conformidad del proceso de curado	Curado en patio	2 días de curado con aspersor de agua	PCI MNL 116 División 4 Sección 4.18	Cada elemento	Registro de actividades para producto terminado	Encargado de planta de prefabricados - Inspección
	Aplicación de membrana	Membrana debe de cubir totalidad de laterales y parte inferior de la viga	PCI MNL 116 División 4 Sección 4.20.3			
Conformidad de la zona de almacenamiento	Zona de almacenamiento	Superficie firme, nivelada y bien drenada	PCI MNL 116 División 2 Sección 2.7.3	Cada elemento	Registro de actividades para producto terminado	Encargado planta de prefabricados - Inspección

Imagen 54. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (producto terminado). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.2.7. Liberación de producto

Actividad	Aspecto de Verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Normativa	Frecuencia	Documento Verificador	Responsable
Conformidad de todas las secciones supervisadas	Aprobación para despacho del elemento prefabricado	Cumplimiento de la totalidad de requisitos evaluados en las fases anteriores	Matriz de plan de muestreo y puntos de control	Cada elemento	Expediente de elemento en fabricación	Control de calidad - Aceptación

Imagen 55. Matriz de plan de muestreo y puntos de control (liberación de producto). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.3. Registros de control

3.3.1. Registro de actividades previas al colado

A. Registro de actividades previas al colado

Fecha: _____
Proyecto: _____
Elemento: _____

Actividad	Aspecto de verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Cumplimiento	Observaciones	Responsable
Conformidad de moldes	Dimensiones	Longitud: ±25 mm Altura: +13 mm, -6 mm Ancho: +10 mm, -6 mm			
	Geometría	Cuadratura horizontal: Máximo ±13 mm Cuadratura vertical: Máximo ±25 mm Pendientes: ≤ 25 mm en longitudes mayores a 24 m			
Conformidad del recubrimientio	Recubrimiento	30 mm			
Conformidad de la separación de acero longitudinal	Seperación del acero en la totalidad del elemento	@ 200 mm			
Conformidad de la separación de acero transversal	Separación en nivel superior del elemento	@100 mm, @200 mm, @150 mm y @200 mm			
	Separación en nivel inferior del elemento	@100 mm, @150 mm y @200 mm			
Conformidad de la fuerza de tensado del acero de presfuerzo	Fuerza de tensado	1395 N/mm²			
Conformidad de ductos para torones	Ubicación (Parte inferior)	12 unidades entubados en 2,40 m 6 unidades entubados en 6,30 m 6 unidades entubados en 10,10 m 2 unidades entubados en 14,00 m			
	Diámetro	19,05 mm			
Conformidad de los puntos de izaje o manipulación del elemento	Ubicación de los puntos de izaje paralelo a la longitud del elemento	±150 mm			
	Ubicación de los puntos de izaje transversal a la longitud del elemento	±25 mm			

Imagen 56. Registros de control (actividades previas al colado). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.3.2. Registro de actividades de elaboración de concreto

B. Registro de actividades de elaboración de concreto

Fecha: _____
Proyecto: _____
Elemento: _____

Actividad	Aspecto de verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Cumplimiento	Observaciones	Responsable
Conformidad del sistema de pesado de la planta de concreto	Pesa de agregados	1500 kg ±2 %			
	Pesa de cemento	300 kg ±1 %			
	Dosificador de agua	100 L ±1,5 %			
	Dosificador de aditivo	100 L ±3 %			
Conformidad de dosificación	Secuencia	1. Agregados 2. Agua 3. Cemento 4. Aditivo			
Conformidad del tiempo de mezclado	Tiempo de duración	3,5 min a 4,5 min			
Conformidad de humedad de agregados para corrección de diseño concreto	Humedad de agregados	Agregado grueso: 1,5 % a 2,5 % Agregado fino (arena industrial): 3,5 % a 5,5 % Agregado fino (arena natural): 4,5 % a 6,5 %			
Conformidad del asentamiento	Asentamiento	200 mm a 230 mm			
Conformidad de la temperatura del concreto	Temperatura	≤ 32 ºC			
Conformidad del contenido de aire del concreto	Contenido de aire	1,0 % a 3,0 %			

Imagen 57 Registros de control (actividades de elaboración de concreto). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.3.3. Registro de actividades de colocación y compactación del concreto

C. Registro de actividades de colocación y compactación de concreto

Fecha: _____
Proyecto: _____
Elemento: _____

Actividad	Aspecto de verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Cumplimiento	Observaciones	Responsable
Conformidad de tiempo de colocación	Tiempo de colocación	≤ 1,5 hrs			
Conformidad de la altura de caída del concreto durante la colocación	Altura de caída en colocación	≤ 1,5 m			
Conformidad de las capas de colocación del concreto	Capa de colocación	≤ 150 mm			
Conformidad del muestreo de concreto	Toma de muestra según cantidad de descarga del camión mezclador	10 % a 90 %			
Conformidad del moldeo de especimenes de concreto	Lugar de moldeo	Superficie plana, rígida y libre de vibraciones			
	Tiempo para el moldeo	≤ 15 minutos			
	Tamaño de moldes	Diámetro: 150 mm Altura: 300 mm			
	Cantidad de capas y apisonamientos	3 capas con 25 apsionamientos cada una			
	Cantidad de especimenes moldeados	6 unidades			
Conformidad del proceso de compactación	Tiempo de compactación	5 segundos a 10 segundos			
	Segregación de concreto	No segregación del concreto			

Imagen 58. Registros de control (actividades de colocación y compactación de concreto). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.3.4. Registro de actividad de pre curado

D. Registro de actividad de pre Curado

Fecha: _____
Proyecto: _____
Elemento: _____

Actividad	Aspecto de verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Cumplimiento	Observaciones	Responsable
Conformidad del proceso de pre curado	Cubrimiento del elemento con lona	Cubrimiento del 100% de la parte expuesta del elemento			

Imagen 59. Registros de control (actividad de pre curado). Fuente: Elaboración propia (2020).

3.3.5. Registro de actividades para producto terminado

E. Registro de actividades para producto terminado

Fecha: _____
Proyecto: _____
Elemento: _____

Actividad	Aspecto de verificación	Parámetros de aceptación o inspección	Cumplimiento	Observaciones	Responsable
Conformidad del proceso de desmolde	Oquedades	Elemento sin precencia de oquedades			
	Despuntes	Elemento sin precencia de despuntes			
	Tamaño de burbujas de aire	Diámetro ≤ 15 mm Profundidad ≤ 2 mm			
Conformidad de la elongación de los torones	Elongación de torones	≤ 5 % del valor teórcico			
Conformidad de la carga de rotura del acero de presfuerzo	Carga de rotura	≥ 1860 N/mm²			
Conformidad del proceso de izaje	Equipo para izaje	Buen estado de ganchos, barras, cable de acero y grilletes			
	Izaje del elemento	Distribución de fuerzas equitativamente en ambos extremos e izaje horizontal del elemento			
Conformidad del proceso de curado	Curado en patio	2 días de curado con aspersor de agua			
	Aplicación de membrana	Membrana debe de cubir totalidad de laterales y parte inferior de la viga			
Conformidad de la zona de almacenamiento	Zona de almacenamiento	Superficie firme, nivelada y bien drenada			

Imagen 60. Registros de control (actividades para producto terminado). Fuente: Elaboración propia (2020).

CONCLUSIONES

- Se propone un manual de gestión de calidad y una matriz de plan de muestreo y puntos de control (fase B), en donde se establecen los parámetros de aceptación según normas nacionales e internacionales para las materias primas utilizadas en la producción de las vigas prefabricadas.

  .

- Se crea una matriz de plan de muestreo y puntos de control donde se determinan los puntos del proceso productivo que requieren de la inspección y aprobación por parte de cada uno de los responsables establecidos en la matriz. La evidencia queda en los registros de control implementados para obtener una trazabilidad adecuada para el cumplimiento con la gestión de calidad establecida en este proyecto.

- La matriz de plan de muestreo y puntos de control incorpora y define los parámetros de inspección de los procesos de desmolde, curado y almacenamiento de las vigas prefabricadas en la fase F (producto terminado).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda tomar como punto de partida la implementación del manual de calidad y la matriz de plan de muestreo y puntos de control, desarrollada en este proyecto, para la elaboración de otros elementos prefabricados en la planta.

- Se deben de desarrollar procedimientos e instructivos de trabajo para el personal involucrado en el proceso constructivo de las vigas prefabricadas, derivados del manual de calidad y la matriz de plan de muestreo y puntos de control, según corresponda.

- El personal, involucrado en la fabricación de las vigas prefabricadas, debe capacitarse en la utilización del manual de calidad, la matriz de plan de muestreo y puntos de control. Además, conocer sobre los registros de control implementados en este proyecto. Todo esto, para una adecuada recopilación de información y uso adecuado del sistema de calidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2012). *1910.1200, Normas de seguridad y salud ocupacional.* Washington, DC: Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA).

American Concrete Institute. (2008). *ACI 318, Building Code Requirements for Reinforced Concrete.* Detroit, Michigan: American Concrete Institute.

Ministerio de Economía Industria y Comercio (MEIC). (2015). *RTCR 479:2015, Reglamento Técnico Materiales de Construcción y Cementos Hidráulicos .* San José, Costa Rica: Ministerio de Economía Industria y Comercio (MEIC).

Méndez, J. (2015). Principios prácticos para la prefabricación y aplicación de presfuerzo en concreto (tesis de maestría). Recuperado de: http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/132.248.52.100/7713?show=full

Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT). (2010). *CR-2010, Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes.* San José, Costa Rica: Ministerio de Obras Públicas y Transportes.

Organización Internacional de Normalización (ISO). (2015). *ISO 9000, Sistemas de gestión de calidad fundamentos y vocabulario.* Ginebra, Suiza: Organización Internacional de Normalización (ISO).

Prefrabricados de La Jara (s.f.) ¿Qué son los elementos prefabricados de hormigón? Recuperado de: https://www.prefabricadosjara.com/que-son-los-elementos-prefabricados-de-hormigon/

Portland Cement Association. (2004). *Diseño y Control de Mezclas de Concreto.* Skokie, Illinois: Portland Cement Association.

Precast Prestressed Concrete Institute (PCI). (1999). *PCI MNL 116, Structural Quality Control.* Chicago, Illinois: Precast Prestressed Concrete Institute.

Precast Prestressed Concrete Institute (PCI). (2000). *PCI MNL 135, Tolerance Manual.* Chicago, Illinois: Precast Prestressed Concrete Institute.

Proyectos de Costa Rica y UNOPS. (2 de Marzo de 2020). *Proyectos de Costa Rica y UNOPS*. Recuperado el 31 de Marzo de 2020, de https://www.proyectoscostarica.org/circunvalacion-norte-unops

Rojas, P. (25 de noviembre de 2019). Al broche de oro de Circunvalación Norte le falta asegurar $ 70 millones.*Crhoy.com*. Recuperado de: https://www.crhoy.com/nacionales/al-broche-de-oro-de-circunvalacion-norte-le-falta-asegurar-70-millones/

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2008). *ASTM C33, Especificación estándar de agregados para concreto.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2011). *ASTM C1157, Especificación estándar para rendimiento del cemento hidráulico.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2011). *ASTM C494, Especificación normalizada de aditivos químicos para concreto.* West Conshohocken: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2012). *ASTM C1602 M, Especificación estándar para agua utilizada en la producción de concreto con cemento hidráulico.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2016). *ASTM A706, Especificación estándar para barras de acero de baja aleación lisas y deformadas para refuerzo de concreto.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2017). *ASTM C1064, Método de prueba estándar para la temperatura del concreto de cemento hidráulico recién mezclado.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2017). *ASTM C172, Práctica estándar para el muestreo de concreto recién mezclado.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2017). *ASTM C231, Método de prueba estándar para el contenido de aire del concreto recién mezclado mediante el método de presión.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2018). *ASTM A416, Especificación estándar para acero trenzado de siete alambres de baja relajación para concreto pretensado.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2019). *ASTM C309, Especificación estándar para compuestos líquidos formadores de membrana para cura de concreto.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2019). *ASTM C31, Práctica estándar para moldeo y cura de especímenes de concreto.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM). (2020). *ASTM C94, Especificación estándar para mezclas de concreto.* West Conshohocken, Pensilvania: Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Tequendama. (2017) ¿Qué es el cemento y su composición? Recuperado de: http://www.cetesa.com.co/que-es-el-cemento-y-cual-es-su-composicion/