



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
INGENIERÍA CIVIL – GESTIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN
TIME COMO HERRAMIENTA EN LA GERENCIA DE PROYECTOS DE
EDIFICACIÓN.

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRA EN INGENIERÍA

PRESENTA:
ING. YESSICA KARINA ALVAREZ GUADARRAMA

TUTOR PRINCIPAL
M.I. MARCO TULIO MENDOZA ROSAS, FACULTAD DE INGENIERÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX, JULIO 2021



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO 1: MARCO DE REFERENCIA.....	13
OBJETIVOS.....	13
HIPÓTESIS.....	13
PROBLEMÁTICA.....	14
METODOLOGÍA.....	15
JUSTIFICACIÓN.....	16
ALCANCE.....	16
CAPÍTULO 2. LA ADMINISTRACIÓN EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN.....	18
2.1 ANTECEDENTES DE LA ADMINISTRACIÓN.....	18
2.2 GESTIÓN TRADICIONAL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO.....	19
2.3 DEFICIENCIAS EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO.....	23
2.3.1 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD.....	23
2.3.2 PÉRDIDAS INHERENTES EN EL PROYECTO.....	25
2.4 IMPORTANCIA DEL PROJECT MANAGER EN LA CONSTRUCCIÓN.....	27
2.4.1 ORIGEN DEL TÉRMINO.....	27
2.4.2 PROJECT MANAGER EN EL MUNDO.....	28
2.4.3 CERTIFICACIONES COMO PROJECT MANAGER.....	29
CAPÍTULO 3. HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO.....	32
3.1 IMPORTANCIA DE PLANEAR, PROGRAMAR Y CONTROLAR UN PROYECTO.....	32
3.2 TÉCNICAS TRADICIONALES DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN.....	35
3.2.1. DIAGRAMAS DE BARRAS.....	37
3.2.2. MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (CPM).....	39

3.2.3 MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (PERT)	40
3.2.4. MÉTODO DE DIAGRAMAS POR PRECEDENCIAS	40
3.3 INNOVADORAS TÉCNICAS DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN ..	41
3.3.1 REVOLUCIÓN BIM Y LEAN CONSTRUCTION	41
3.4 METODOLOGÍA JIT EN LA GERENCIA DEL PROYECTO	46
3.4.1 FILOSOFÍA DEL JUST IN TIME (JIT).....	46
3.4.2 ORIGEN DEL TÉRMINO	47
3.4.3 OBJETIVOS	47
3.4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR JIT	48
3.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO JUST IN TIME (JIT)	49
3.5.1 FUNDAMENTOS DEL PROCESO	49
3.5.2 HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS	54
CAPÍTULO 4: LA INDUSTRIALIZACIÓN: PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR.....	67
4.1 ¿QUÉ ES EL CONCRETO CELULAR?	67
4.1.1 ANTECEDENTES DEL CONCRETO.....	67
4.1.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO CELULAR	68
4.1.3 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS	70
4.2 PANELES DE CONCRETO CELULAR COMO RECURSO EN EL SECTOR EDIFICACION.	71
4.2.1 PRESENTACIONES DE LOS PANELES DE CONCRETO CELULAR.....	72
4.3 MÉTODO DE FABRICACIÓN.....	76
4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS	80
4.5 PROCESO CONSTRUCTIVO	81

4.5.1 ALMACENAJE Y TRANSPORTE.....	81
4.5.2 MONTAJE Y COLOCACIÓN DE LOS PANELES DE CONCRETO CELULAR..	82
CAPÍTULO 5: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.....	87
5.1 CASO DE IMPLEMENTACIÓN “SAN MIGUEL KRISTAL TOWERS” ...	87
5.2 FASES DE IMPLEMENTACIÓN – METODOLÓGIA SEIS SIGMA.....	91
5.2.1 FASE I: ORGANIZACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.....	94
5.2.2 FASE 2: CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.....	98
5.2.3 FASE 3: EVALUACIÓN EX ANTE DEL PLAN DE TRABAJO.....	117
5.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.....	141
5.3.1 REDEFINICIÓN DE OBJETIVOS	141
5.3.2 ALCANCES	146
5.3.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.....	150
5.3.4 EJECUCIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.....	153
5.3.5 EVALUACIÓN EX POST DEL PLAN DE TRABAJO	156
BIBLIOGRAFÍA.....	158

CONTENIDO DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 ENFOQUE SISTÉMICO/ ILUSTRACIÓN PROPIA.	19
ILUSTRACIÓN 2 GESTIÓN TRADICIONAL DE PROYECTOS / ILUSTRACIÓN PROPIA.	20
ILUSTRACIÓN 3 ETAPAS DE PROCESOS EN LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS / ILUSTRACIÓN PROPIA.	22
ILUSTRACIÓN 4 PÉRDIDAS ECONÓMICAS / IMAGEN DE INTERNET.	26
ILUSTRACIÓN 5 RELOJ DE ARENA – MEDICIÓN DEL TIEMPO / IMAGEN DE INTERNET.	26
ILUSTRACIÓN 6 PROJECT MANAGEMENT / IMAGEN DE INTERNET “MICHAELPAGE”	27
ILUSTRACIÓN 7 CONOCIMIENTOS INTEGRALES / ILUSTRACIÓN PROPIA.	28
ILUSTRACIÓN 8 DIAGRAMA DE DEFICIENCIA EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO / ILUSTRACIÓN PROPIA.	34
ILUSTRACIÓN 9 DIAGRAMA DE BARRAS / ILUSTRACIÓN PROPIA.	38
ILUSTRACIÓN 10 DIAGRAMA DE LA RUTA CRÍTICA CPM / ILUSTRACIÓN PROPIA.	39
ILUSTRACIÓN 11 DIAGRAMA DE LA RUTA CRÍTICA PERT / ILUSTRACIÓN PROPIA.	40
ILUSTRACIÓN 12 USOS DEL BIM / ILUSTRACIÓN DE INTERNET.	42
ILUSTRACIÓN 13 APLICACIONES PARA EL USO BIM / ILUSTRACIÓN DE INTERNET.	42
ILUSTRACIÓN 14 PRINCIPIOS LEAN / ILUSTRACIÓN PROPIA.	44
ILUSTRACIÓN 15 CATEGORÍAS DEL LEAN CONSTRUCTION / ILUSTRACIÓN PROPIA CON IMÁGENES DE INTERNET.	45
ILUSTRACIÓN 16 OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS / ILUSTRACIÓN DE INTERNET.	46
ILUSTRACIÓN 17 TEORÍA DE LOS 5 CEROS / ILUSTRACIÓN PROPIA.	48
ILUSTRACIÓN 18 FUNDAMENTO DE LOS PROCESOS JIT / ILUSTRACIÓN PROPIA.	49
ILUSTRACIÓN 19 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DISTRIBUCIÓN DEL MATERIAL / ILUSTRACIÓN PROPIA.	50
ILUSTRACIÓN 20 CIRCULO DE DEMING / ILUSTRACIÓN PROPIA.	53
ILUSTRACIÓN 21 HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS / ILUSTRACIÓN PROPIA.	54
ILUSTRACIÓN 22 METODOLOGÍA 5´S / ILUSTRACIÓN PROPIA.	55
ILUSTRACIÓN 23 FASES DE LA METODOLOGÍA 5´S / ILUSTRACIÓN PROPIA.	56
ILUSTRACIÓN 24 METODOLOGÍA TPM / IMAGEN DE INTERNET POR BSGINSTITUTE	57
ILUSTRACIÓN 25 DIAGRAMA DE FLUJO / IMAGEN DE INTERNET POR PIXABAY.	58
ILUSTRACIÓN 26 FORMATO DE INFORME A3 / IMAGEN DE INTERNET.	59
ILUSTRACIÓN 27 MAPAS CADENA DE VALOR / IMAGEN DE INTERNET POR LEANMANUFACTURING10.	64
ILUSTRACIÓN 28 METODOLOGÍA SEIS SIGMA / IMAGEN DE INTERNET	64
ILUSTRACIÓN 29 METODOLOGÍA 8D / ILUSTRACIÓN PROPIA.	65
ILUSTRACIÓN 30 BLOCK NORMAL DE CONCRETO CELULAR / IMAGEN DE LAS FICHAS TÉCNICAS AICRET SMKT.	72
ILUSTRACIÓN 31 BLOCK EN “U” DE CONCRETO CELULAR / IMAGEN DE LAS FICHAS TÉCNICAS AICRET SMKT.	73

ILUSTRACIÓN 32 BLOCK REDONDO “O” DE CONCRETO CELULAR / IMAGEN DE LAS FICHAS TÉCNICAS AICRET SMKT	73
ILUSTRACIÓN 33 PANELES DE REVESTIMIENTO DE CONCRETO CELULAR / IMAGEN DE LAS FICHAS TÉCNICAS AICRET SMKT	74
ILUSTRACIÓN 34 PANELES DIVISORIOS DE CONCRETO CELULAR / IMAGEN DE LAS FICHAS TÉCNICAS AICRET SMKT	74
ILUSTRACIÓN 35 ESFUERZOS SOBRE LOSAS PREFABRICADAS / IMAGEN DE LAS FICHAS TÉCNICAS AICRET SMKT	75
ILUSTRACIÓN 36 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	76
ILUSTRACIÓN 37 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	77
ILUSTRACIÓN 38 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	77
ILUSTRACIÓN 39 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	78
ILUSTRACIÓN 40 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	78
ILUSTRACIÓN 41 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	79
ILUSTRACIÓN 42 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	79
ILUSTRACIÓN 43 FOTOGRAFÍA DE LA PLANTA DE PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR/ IMAGEN DE AICRET SMKT	80
ILUSTRACIÓN 44 FOTOGRAFÍA DE LOS PANELES PREFABRICADOS ALMACENADOS/ ILUSTRACIÓN PROPIA, TOMADA EN OBRA.	82
ILUSTRACIÓN 45 FOTOGRAFÍA DE LOS BLOCKS PREFABRICADOS/ ILUSTRACIÓN PROPIA, TOMADA EN OBRA.....	83
ILUSTRACIÓN 46 FOTOGRAFÍA DE LOS MUROS PREFABRICADOS/ ILUSTRACIÓN PROPIA, TOMADA EN OBRA.....	85
ILUSTRACIÓN 47 TERRAZA DE DEPTOS. MUESTRA DEL PROYECTO / GERENTE DEL PROYECTO	87
ILUSTRACIÓN 48 / 49 FOTOGRAFÍAS DE LA OBRA / YESSICA ALVAREZ	88
ILUSTRACIÓN 63 LEAN CONSTRUCTION MÉXICO/ IMAGEN DE INTERNET	155

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 1 INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA GENERAL DE LA ADMINISTRACIÓN / IDALBERTO CHIAVENATO.....	18
TABLA 2 FACTORES INTERNOS Y EXTERNOS QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD / ILUSTRACIÓN PROPIA.....	24
TABLA 3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR JIT / ILUSTRACIÓN PROPIA.....	48
TABLA 4 PRESUPUESTO DE OBRA / INFORMACIÓN DEL PROYECTO.....	89
TABLA 5 CONCEPTOS DE OBRA / SECRETARIA DE OBRAS Y SERVICIOS DE LA CDMX.....	90
TABLA 6 FASES DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA APLICANDO LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA / ILUSTRACIÓN PROPIA.....	92
TABLA 7 ROLES ORGANIZATIVOS DEL COMITÉ / ILUSTRACIÓN PROPIA.....	96
TABLA 8 FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA “CAPACITACIÓN DEL PERSONAL”.....	98
TABLA 9 PREGUNTAS DE LA ENCUESTA DE LA FASE 2 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL / FUENTE PROPIA.....	100
TABLA 10 ANÁLISIS FODA DEL PROBLEMA / ILUSTRACIÓN PROPIA.....	120
TABLA 11 ANÁLISIS FODA DE ESTRATEGIAS / ILUSTRACIÓN PROPIA.....	121
TABLA 12 FICHA TÉCNICA DE LA ENCUESTA ACTIVIDADES QUE GENERAN VALOR.....	126
TABLA 13 PREGUNTAS DE LA ENCUESTA ACTIVIDADES QUE GENERAN VALOR / FUENTE PROPIA.....	127
TABLA 14 ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVAS DEL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	131
TABLA 15 EFICIENCIA DE LA PRODUCTIVIDAD.....	136
TABLA 16 FACTORES QUE AFECTAN EL RENDIMIENTO DE LA MANO DE OBRA.....	137
TABLA 17 TIEMPO PRODUCTIVO, CONTRIBUTIVO Y NO CONTRIBUTIVO.....	138

CONTENIDO DE GRÁFICAS

GRÁFICA 1 RESULTADOS DE LA ENCUESTA NACIONAL DE EMPRESAS CONSTRUCTORAS.....	9
GRÁFICA 2 EXPERIENCIA CON PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR / FUENTE PROPIA.....	101
GRÁFICA 3 RANGOS DE EDAD EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA	102
GRÁFICA 4 GRADO ACADÉMICO DEL PERSONAL DEL PROYECTO.....	103
GRÁFICA 5 PROFESIÓN U OFICIO DEL PERSONAL DEL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	103
GRÁFICA 6 AÑOS DE EXPERIENCIA LABORAL / FUENTE PROPIA	104
GRÁFICA 7 CARGOS DEL PERSONAL EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA	105
GRÁFICA 8 METODOLOGÍAS ACTUALMENTE APLICADAS EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA	105
GRÁFICA 9 HERRAMIENTAS APLICADAS EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	106
GRÁFICA 10 CONOCIMIENTO DEL PROGRAMA DE LA OBRA / FUENTE PROPIA	107
GRÁFICA 11 ACTIVIDADES QUE GENERAN VALOR EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	108
GRÁFICA 12 MANEJO DE REPORTES EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA	109
GRÁFICA 13 ¿EXISTE CONTROL DE INVENTARIO EN EL PROYECTO? / FUENTE PROPIA	110
GRÁFICA 14 ACCIONES DURANTE PROBLEMAS EN OBRA / FUENTE PROPIA	110
GRÁFICA 15 CONOCIMIENTOS SOBRE LA FILOSOFÍA JIT / FUENTE PROPIA.....	111
GRÁFICA 16 IMPORTANCIA DE IMPLEMENTAR ALGUNA METODOLOGÍA PARA EL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	112
GRÁFICA 17 RETRABAJOS EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	127
GRÁFICA 18 FALTA DE MATERIAL EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	128
GRÁFICA 19 TIEMPOS MUERTOS EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	129
GRÁFICA 20 MOVIMIENTOS INNECESARIOS EN EL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	129
GRÁFICA 21 RETRASOS POR DEFECTOS DEL MATERIAL EN EL PROYECTO / ILUSTRACIÓN PROPIA.....	130
GRÁFICA 22 ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVAS DEL PROYECTO / FUENTE PROPIA.....	131

INTRODUCCIÓN

En México y todo el mundo, el sector secundario como la industria de la construcción, juega uno de los papeles más importantes para el crecimiento económico de cada país, desde el desarrollo de carreteras, puentes, puertos, aeropuertos, urbanización, obras de edificación e infraestructura, etc. Utiliza insumos provenientes de varias industrias como son los agregados pétreos, la madera, acero, cemento, entre otros.

Además, es de los principales sectores que generan fuentes de trabajo, de acuerdo a las estadísticas del INEGI – CENSOS ECONÓMICOS 2019, en México hay 502,789 trabajadores en este sector, de los cuales el 80% son hombres y 20% mujeres.

El INEGI¹ mediante un comunicado de prensa que realizó el 23 de enero de 2020, informa sobre los principales resultados de la Encuesta Nacional de Empresas Constructoras (ENEC), que el valor de producción generado por las empresas constructoras registro un descenso en términos reales de (-)0.6% en el penúltimo mes de 2019 respecto al mes precedente. El personal ocupado disminuyo (-)0.1% y las horas trabajadas cayeron (-) 0-2%.



Gráfica 1 Resultados de la Encuesta Nacional de Empresas Constructoras.

Fuente: INEGI. Series calculadas por métodos econométricos a partir de la ENEC.

¹ INEGI (Instituto Nacional de Estadística y Geografía), es un organismo público autónomo responsable de normar y coordinar el Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica, así como de captar y difundir información de México en cuanto al territorio, los recursos, la población y economía, que permita dar a conocer las características de nuestro país y ayudar a la toma de decisiones.

Como se puede observar en la gráfica, el descenso registrado en el año 2019 es el resultado de la caída de la producción de las constructoras en la capital del país, esto se debe principalmente a la decisión que toma el actual gobierno mexicano con la contención de la obra pública que tuvo como objetivo regularizar las obras y disminuir la corrupción, afectando directamente al crecimiento económico de México.

Esta problemática nos lleva a crear conciencia de las pérdidas inherentes que han impactado estas decisiones; pero cuando hablo de estas decisiones no me refiero precisamente a la contención de obra pública que hizo el gobierno mexicano ese año para regularizar todos los proyectos, si no a la ineficiente regularidad de las obras públicas o privadas, derivado de una mala gestión de los recursos.

En México y la mayoría de los países tercermundistas, es un problema muy común que las obras no terminen en el tiempo programado o incluso que el presupuesto se incremente considerablemente, actos seguidos como la corrupción o mala supervisión de los proyectos nos llevan a preguntarnos seriamente “¿Qué es lo que se está haciendo mal en las empresas constructoras?”; y la respuesta puede ser muy clara, no hay un control en la gestión de cada proyecto, hace falta liderazgo, capacitación y actualización del personal administrativo, entre muchos factores más.

Pero, ¿por qué si la respuesta es muy clara, no se ve alguna mejora en los proyectos?, esto es porque a pesar de que se puede tener identificado el principal problema, pocas empresas se han decidido, actualizado y capacitado para implementar metodologías eficientes de administración de proyectos, y esto puede ser por varios factores:

1. Barreras para romper paradigmas entre la forma tradicional de gestión de proyectos VS aplicación de nuevas metodologías.
2. Los costos para implementar metodologías como BIM, Lean Construction, Just in Time, Softwares, etc.; no están consideradas en el presupuesto de los proyectos.
3. Desconocimiento en la aplicación de nuevas herramientas productivas de administración de proyectos.

En México la planificación, programación y control de proyectos, sigue siendo un reto de versatilidad por parte de los encargados en la obra, ya sea por falta de interés, desconocimiento o aplicación de estas técnicas. En muchos casos, el único que conoce los programas de obra, es el gerente del proyecto, pero la información no llega a manos del constructor y como ya se había mencionado antes, es así como los proyectos sufren baja productividad, provocando excesos de costos y atrasos en los tiempos de ejecución.

Esto nos lleva a crear estrategias de administración en la edificación de los proyectos, desde que surge la idea de iniciar un nuevo proyecto, es importante no solo aplicar estas estrategias de administración durante el proceso constructivo, si no desde que se está desarrollando el ante - proyecto; es necesario definir la aplicación de procesos o métodos ya existentes con el fin de lograr eficiencias económicas y optimizar al máximo los recursos disponibles.

Para eso es muy útil implementar en los procesos constructivos de cualquier obra de edificación, técnicas como diagramas de Gantt, PERT o Ruta Crítica, Lean Construction, Just in Time, BIM, entre otros; se debe verificar y evaluar los procesos constructivos en cada etapa por medio de estandarizaciones para obtener resultados sobresalientes durante la ejecución del proyecto.

En el presente trabajo de investigación se busca realizar una propuesta metodológica para implementar Just In Time en proyectos de edificación, especialmente aquellos que utilizan paneles prefabricados de concreto celular o algún otro tipo de prefabricado; es importante mencionar que aunque esta metodología tiene años que se descubrió en el sector industrial e incluso hoy en día se complementa con nuevas herramientas como el Lean Construction, para proyectos de este tipo es muy recomendable su implementación, es por eso que gran parte de esta investigación describe desde los orígenes hasta cómo se puede implementar en cualquier proyecto de edificación.

El contenido del presente proyecto de investigación, se desglosará de la siguiente manera:

- **Primer Capítulo** se identifica el marco de referencia.
- **Segundo Capítulo** se describen los conceptos básicos de la administración.
- **Tercer Capítulo** se especifican algunas herramientas de planeación, programación y control de obra, pero la más importante “Just In Time”.
- **Cuarto Capítulo** se introduce al tema de industrialización, explicando información relacionada a los paneles prefabricados de concreto celular.
- **Quinto Capítulo** se presenta la propuesta metodológica para la implementación del Just in Time en el proyecto “San Miguel Kristal Towers”.
- **Sexto Capítulo** correspondiente a las conclusiones.



CAPÍTULO 1: MARCO DE REFERENCIA

- ❖ OBJETIVOS
- ❖ HIPÓTESIS
- ❖ PROBLEMÁTICA
- ❖ METODOLOGÍA
- ❖ JUSTIFICACIÓN
- ❖ ALCANCE

CAPÍTULO 1: MARCO DE REFERENCIA

OBJETIVOS

Objetivo principal.

Proponer una metodología que guiará al constructor paso a paso para implementar la técnica Just in Time como herramienta en la gerencia de proyectos de Edificación que construyen con el sistema de paneles prefabricados de concreto celular.

Objetivos específicos.

- Comparar los antecedentes e innovaciones de la administración y/o gerencia de proyectos a través del tiempo.
- Compartir las herramientas complementarias y existentes para la planeación y programación de proyectos, aplicables con la metodología “Just in time”
- Identificar las aplicaciones del Just in Time durante el uso de nuevas tecnologías de construcción, como con: los paneles prefabricados de concreto celular.
- Conocer el origen, las características y propiedades de los paneles prefabricados de concreto celular.
- Impulsar la filosofía del Just in time como herramienta de apoyo en la gerencia de un caso práctica en el Edo. México, donde usan este sistema constructivo de paneles prefabricados de concreto celular.

HIPÓTESIS

Al finalizar este proyecto de investigación se logrará definir los pasos a seguir para implementar “Just in time” en los proyectos de edificación, mejorando así la productividad durante la construcción, aprovechando al máximo los recursos de la obra, llevando una buena gestión y logrando proyectos exitosos que cumplan en tiempo y forma los programas y/o presupuestos establecidos al inicio de cada uno de los mismos.

PROBLEMÁTICA

Durante el transcurso de los años, la industria de la construcción es una de las más comunes en no cumplir con los tiempos programados de finalización de proyectos, así como sobre pasar los presupuestos iniciales y esto se debe a varios factores como pueden ser:

- Deficiente administración del proyecto.
- Mala supervisión de las actividades a desarrollar.
- Falta de seguimiento de los programas de obras.
- Re-trabajos.
- Inexperiencia en el uso adecuado de herramientas de gestión.
- Entre muchos más.

El problema puede surgir desde el momento en que existe una mala administración del proyecto, la mayoría de las veces las consecuencias de esto se vuelven imprescindibles de detectarlas con anticipación y es por eso que las correcciones pueden generar altos impactos. Un ejemplo claro de estos, son los plazos de ejecución, el presupuesto o incluso la calidad final de la obra.

En la mayoría de los proyectos todos los procesos son sistematizados, es decir, que una actividad depende de la otra, como es el caso con el uso de paneles prefabricados de concreto celular, donde más allá de la dependencia entre actividades, también interviene en gran parte los proveedores de las diferentes etapas, por eso es esencial contar con una buena gestión del proyecto de construcción, así como un control estricto y basado en una metódica planeación.

Cuando en los proyectos intervienen factores externos como los proveedores, se puede convertir en una coordinación más compleja entre ambas partes, es por esto que es importante ver al proveedor como parte del mismo sistema, ya que si no existe una buena comunicación entre ambos pueden existir pérdidas inherentes. Para lograr el éxito en los suministros de materiales, debe de existir un control riguroso de inventario, proyectar flujos de pedidos respecto al programa de obra, pero lo más importante una comunicación asertiva entre todas las disciplinas involucradas.

En México aún hay proyectos donde los líderes tienen una forma tradicional de administrar las obras y aun cuando a veces los resultados no están siendo los más exitosos, se resisten a la actualización y uso de nuevas herramientas que pueden potencializar la gestión de los recursos. Para evitar esta situación, la propuesta metodológica que se hace en el presente trabajo de investigación, busca llevar a las empresas constructoras paso a paso en la adopción de la técnica Just In Time.

METODOLOGÍA

La metodología se realizó en diversas partes: la primera inicio con la definición de la línea de investigación; la elección del tema se decidió con base a mi experiencia profesional en campo, durante tres años en mi desempeño como becaria de una constructora, logré identificar que la mayoría de los problemas venían derivados de una mala gestión del proyecto.

Cuando vi por primera vez el sistema de paneles prefabricados de concreto celular en el proyecto a estudiar en el caso práctico del presente trabajo de investigación y vi todos los problemas que tenían para la gestión en obra, pensé que se podía aplicar perfectamente la técnica Just In Time.

Así que simultáneamente en esta primera parte se realizó una extensa investigación en diferentes tesis internacionales y nacionales, libros y artículos para poder conformar el marco teórico del capítulo 2 y 3 acerca de la administración, herramientas de planeación, programación y control de proyectos.

En el capítulo 4 se describe información sobre los paneles prefabricados de concreto celular, ¿qué es?, ¿cuáles son sus características, propiedades, presentaciones, usos, etc?; con la finalidad de que el lector conozca más acerca del proceso constructivo y pueda distinguir en los siguientes capítulos la importancia de la aplicación del Just In Time.

En la segunda parte, se decidió llevar a la práctica esta investigación aplicada en el caso práctico de donde surgió la idea inicial, se tuvo primero un acercamiento con los socios del proyecto para obtener la autorización de recopilar datos, posteriormente se solicitó información más específica del proyecto a los residentes de obra y alternadamente se llevaron a cabo encuestas a toda clase del personal con la finalidad de conocer las deficiencias en la gestión de la obra.

Finalmente, en la tercer y última parte se presentó una propuesta metodológica para implementar el Just In Time en el proyecto de edificación con sistema constructivo de paneles prefabricados de concreto celular, paso a paso.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de implementar de forma correcta las herramientas de planeación, programación y control de obras ya existentes durante la ejecución de los proyectos, es una base fundamental para el ingeniero constructor encargado de respetar los tiempos de ejecución, costos presupuestados y la calidad de la obra durante los procesos constructivos de cada etapa, que componen al éxito de una correcta gestión del proyecto.

Si además de tener una adecuada gestión de proyectos, implementamos el uso de nuevas tecnologías como paneles prefabricados de concreto celular en obras de edificación con estructura metálica, muros y blocks prefabricados; la logística y estrategias de colocación se vuelven un tanto interesantes para implementar herramientas como el Just in time.

Durante mi tiempo trabajando en esta empresa constructora, observe que los residentes de obra no conocían los programas de la misma; tampoco había una gestión de inventario, había días en los que simplemente ya no teníamos material para seguir construyendo u otras donde había tanto que era necesario estarlos moviendo de lugar para hacer otras maniobras, eso al final representaba claramente pérdidas tanto en tiempo como en dinero.

Sin embargo, el motivo por el que decidí presentar esta investigación, es porque a pesar de que se sabía la raíz de los problemas, no existía la capacitación en el personal de campo para poder mejorar la situación en la gestión del proyecto y mucho menos se tenía planteado una metodología de seguimiento, o al menos si existía se quedaba la información en los cargos superiores del proyecto.

ALCANCE

El alcance de esta investigación es hacer una propuesta metodológica para implementar Just In Time en proyectos de edificación donde utilicen el proceso constructivo de paneles prefabricados de concreto celular (incluso algún otro tipo de prefabricado), con la finalidad de potencializar la productividad en la gerencia de proyectos, para cumplir los tiempos y presupuestos planteados al inicio de cada obra.



CAPÍTULO 2: LA ADMINISTRACIÓN EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

- 2.1 ANTECEDENTES DE LA ADMINISTRACIÓN
- 2.2 GESTIÓN TRADICIONAL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO
- 2.3 DEFICIENCIAS EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO.
 - 2.3.1 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD
 - 2.3.2 PÉRDIDAS INHERENTES EN EL PROYECTO.
- 2.4 IMPORTANCIA DEL PROJECT MANAGER EN LA CONSTRUCCIÓN.
 - 2.4.1 ORIGEN DEL TÉRMINO.
 - 2.4.2 PROJECT MANAGER EN EL MUNDO.
 - 2.4.3 CERTIFICACIONES COMO PROJECT MANAGER.

CAPÍTULO 2. LA ADMINISTRACIÓN EN PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

2.1 ANTECEDENTES DE LA ADMINISTRACIÓN

La evolución histórica de la administración se enfoca en la búsqueda eficiente de lograr los objetivos en un proyecto, en este caso de construcción, utilizando metodologías productivas. Fue entonces en el siglo XX donde se integró la contribución histórica de grandes percursores, físicos, economistas, filósofos y otros, divulgando sus teorías y/o descubrimientos científicos, matemáticos, tecnológicos, etc.

Hace muchos años, nuestros ancestros ya aplicaban algunas teorías de la administración, aunque a lo mejor no supieran a ciencia cierta el descubrimiento que con el tiempo impactaría en nuestra sociedad, fue así como destacan los líderes que construyeron grandes construcciones como las pirámides de Teotihuacán en México, Las pirámides de Egipto, el Coliseo en Roma, etc.

Una breve forma de describir la cronología de los principales eventos de los orígenes de la administración, según el libro **“Introducción a la teoría general de la administración”** del autor Idalberto Chiavenato, se muestra en la siguiente tabla:

AÑOS	AUTORES	EVENTOS
4000 a.C.	Egipcios	Necesidad de planear, organizar y controlar
2600 a.C.	Egipcios	Descentralización en la organización
2000 a.C.	Egipcios	Necesidad de órdenes escritas. Uso de consultoría
1800 a.C.	Hamurabi	Empleo de control escrito y testimonial, establecimiento mínimo
1491 a.C.	Hebreos	Concepto de organización; principio escalar
600 a.C.	Nabucodonosor	Control de la producción e incentivos salariales
500 a.C.	Mencio	Necesidad de sistemas y estándares
400 a.C.	Sócrates	Enunciado de la universalidad de la Admin.
	Platón	Distribución física y manejo de materiales. Principio de especialización
175 a.C.	Catón	Descripción de funciones
284	Diocleciano	Delegación de autoridad
1436	Arsenal de Venecia	Contabilidad de costos, balances contables, control de inventarios.
1525	Nicolas de Maq	Principio de consenso en la organización, liderazgo, tácticas políticas
1767	Sir James Stuart	Teoría de la fuente de autoridad, especialización
1776	Adam Smith	Principio de especialización de los operarios, concepto de control
1799	Eli Whitney	Método científico, contabilidad de costos y control de calidad
1800	Mathew Boulton	Estandarización de operaciones, métodos de trabajo, aguinaldos, auditoría
1810	Robert Owen	Prácticas de personal, capacitación de los operarios, planes de vivienda
1832	Charles Babbage	Enfoque científico, división del trabajo, estudio de tiempos y movimientos
1856	Daniel C	Organigrama, administración ferroviaria
1886	Henry Metcalfe	Arte y ciencia de la administración
1900	Federick W Taylor	Administración científica, estudio de tiempos y movimientos, reacionalización del trabajo, énfasis en planeación y control.

Tabla 1 Introducción a la teoría general de la administración / Idalberto Chiavenato.

2.2 GESTIÓN TRADICIONAL DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN EN MÉXICO.

De acuerdo con el **Pmbok**², un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único. Todos tienen un principio y un final definidos que deben de alcanzar lograr los objetivos del proyecto.

La gestión de proyectos en construcción es un factor importante que se debe considerar por diferentes razones, como:

- Cuidar los sobrecostos de los montos presupuestados del proyecto.
- Aumentar la productividad durante los tiempos de ejecución en cada etapa.
- Considerar los posibles riesgos ante situaciones externas al proyecto, tal como sismos, clima, financiamiento, proveedores, normatividad vigente, etc.

La toma de decisiones es relevante para la obtención de resultados, así el ciclo de vida de un proyecto de construcción, sus recursos y costos dependen completamente de una buena administración desde el inicio. La fragmentación de esta administración entre los diferentes especialistas requiere de una buena coordinación para lograr los objetivos generales del proyecto, pero hay que verlo siempre desde un enfoque sistémico.

El enfoque sistémico trata de integrar la totalidad de las diferentes especialidades, logrando interactuar con todos los subsistemas del sistema, dirigidos a un objetivo en común.

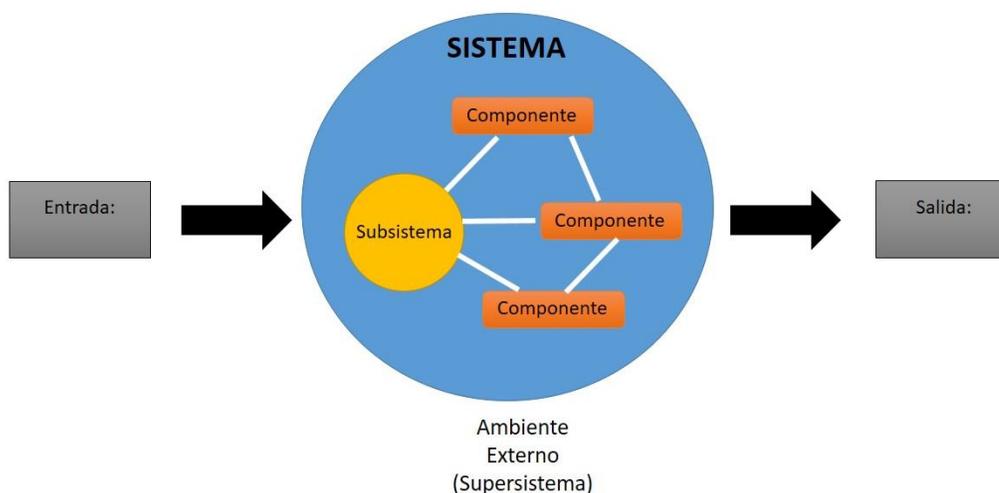


Ilustración 1 Enfoque sistémico/ Ilustración propia.

² PMBOK: Es un instrumento desarrollado por el Project Management Institute (PMI), que establece un criterio de buenas prácticas relacionadas con la gestión, administración y la dirección de proyectos mediante la implementación de técnicas y herramientas.

Hoy en día, la tecnología ha evolucionado y nos puede proporcionar herramientas valiosas para mejorar la productividad de las operaciones, introducir nuevos materiales o procesos constructivos con el objetivo de disminuir costos e incrementar los rendimientos.

La forma tradicional de la gestión de proyectos se representa en las siguientes etapas:



Ilustración 2 Gestión Tradicional de Proyectos / Ilustración propia.

❖ PLANEACIÓN

"Planeación es la selección y relación de hechos, así como la formulación y uso de suposiciones respecto al futuro en la visualización y formulación de las actividades propuestas que se cree sean necesarias para alcanzar los resultados esperados"

George R. Terry.

La planeación es la determinación de lo que va a realizarse, incluye decisiones importantes como establecimiento de objetivos, definición de metodologías o procesos constructivos, calendarización de actividades, estrategias y metas.

Es proyectar un futuro deseado estimando los tiempos de realización de cada etapa, imprevistos, limitaciones y los medios efectivos para conseguirlo mediante un plan que servirá de guía para la ejecución del proyecto a largo, mediano y corto plazo.

❖ PROGRAMACIÓN

Durante la planeación de un proyecto se consideran diferentes factores, como el costo, tiempo y la calidad también es importante. La programación de obra consiste en relacionar las actividades que se van a ejecutar durante la obra, así como simular los flujos de recursos.

Además de relacionar las actividades programadas con el recurso necesario, se establece una duración de cada una desde el principio al fin, para estimar los tiempos de terminación del proyecto, actividades críticas e ir supervisando el avance de la misma, identificar si está en tiempo o desfasada y sobre todo en donde se generó el cambio comparando lo planeado con el avance real y así poder tomar decisiones efectivas.

En caso de aplicar acciones correctivas, esto generará modificaciones durante el proyecto repercutiendo en el tiempo de las actividades próximas, por lo que deberá elaborarse un nuevo programa considerando las correcciones pertinentes.

❖ ORGANIZACIÓN

Una vez establecida la programación, se organizan los recursos que requiere cada actividad o proceso constructivo, como materiales, mano de obra, equipo y/o herramientas. Es distribuir las tareas y responsabilidades entre los miembros de la organización.

Es la etapa donde se crean las estrategias para los caminos de acceso, disponibilidad de los recursos, posibles problemáticas, horarios disponibles para laborar, vecinos, costumbres del lugar, planes de seguridad, entre otros.

❖ CONTROL

Es una de las etapas más complicada de la administración de proyectos, debido a la continuidad y constancia que permite medir, reportar y prevenir posibles variaciones en la planeación, programación y organización de la obra, puede ser mediante una bitácora de obra, informes semanales u otras técnicas.

Es por eso que la planeación y el control deben ser continuas, puede ser probable que se requieran modificaciones en la programación para asegurar lo planeación dentro del tiempo programado, mediante:

- Evaluaciones entre lo realizado, compararlo con lo planeado
- Toma de decisiones correctivas o de mejora

- Estableciendo estándares de calidad
- Cerrando ciclos en cada etapa.

La comunicación es una pieza clave para obtener resultados óptimos, mediante el intercambio de ideas y experiencia se logra aclarar el panorama de las diferentes asignaciones entre residentes según su especialidad y/o área encargada en tiempo.

La ejecución de un sistema de control permite detectar y aprovechar los errores, causas o soluciones; comprende un trabajo en equipo para obtener buena precisión, flexibilidad, comprensión, debe ser oportuno y se deben aplicar acciones correctivas.

Otra forma de categorizar las etapas de procesos en la dirección de proyectos de acuerdo al **PMI**³, se clasifica de la siguiente manera:



Ilustración 3 Etapas de procesos en la dirección de proyectos / Ilustración propia.

En la etapa de inicio, ya se debe contar previamente con el proyecto integral, la selección de los contratistas, visita a obra, análisis de viabilidad económica y constructiva, etc. Posteriormente se debe de planear y programar la obra de acuerdo a los procesos constructivos y el proyecto ejecutivo. Durante la ejecución se procede a la construcción de la obra, en el control se debe de vigilar y reportar constantemente la situación actual del proyecto y por último en el cierre se dirige al funcionamiento y mantenimiento del inmueble hasta su cierre administrativo.

³ PMI (Project Management Institute) es una de las asociaciones profesionales de miembros más grandes del mundo que cuenta con medio millón de miembros e individuos titulares de sus certificaciones en 180 países. Es una organización sin fines de lucro que avanza la profesión de la dirección de proyectos a través de estándares y certificaciones reconocidas mundialmente, a través de comunidades de colaboración, de un extenso programa de investigación y de oportunidades de desarrollo profesional.

2.3 DEFICIENCIAS EN LA GESTIÓN DEL PROYECTO

2.3.1 FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD

Aumentar la productividad en construcción debe ser considerada una estrategia primordial para conseguir lograr los objetivos del proyecto. Esta actividad impulsa el crecimiento de la economía y la competitividad.

Según el **Business dictionary**⁴, una definición de PRODUCTIVIDAD “Es una medida de la eficiencia de una persona, maquina, sistema, etc, al convertir entradas en salidas útiles. Se calcula dividiendo la producción promedio por periodo entre los costos totales incurridos o los recursos (capital, energía, material, personal) consumidos en ese periodo.”

Construir es algo muy complejo con altos riesgos, se debe considerar bastantes aspectos como la inversión, recursos disponibles, viabilidad o factibilidad del proyecto, estudios de mercado, financiamiento, etc. Los inversionistas siempre buscan invertir lo menos posible, pero con buena calidad y producir de inmediato para alcanzar el retorno de inversión.

Según una investigación que realizo la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción en el año 2013 entre **Pymes**⁵ con una metodología del **AIA**⁶ encontró:

- El 30% de los costos en las construcciones se deben a errores y mala gestión.
- El 95% de los proyectos no se terminan a tiempo.
- El 37% de las materias de construcción se convierten en desperdicio
- El 90% de las construcciones se terminan con un sobrecosto de más del 10%.
- El 20% del tiempo de trabajo de los obreros se dedica a transportes, acarreos y viajes.
- El 92% de los proyectos consideran que la información del diseñador es insuficiente para construir sin demoras y desperdicios.

⁴ Business dictionary es un libro de consulta en el que se recoge y se define o traduce, generalmente en orden alfabético, un conjunto de palabras de una o más lenguas o de una materia determinada; en este caso son términos relacionados a la administración, finanzas, comercio, bancario y pequeños negocios.

⁵ Pymes (Pequeña y mediana empresa), son entidades independientes, con alta predominancia en el mercado de comercio, quedando prácticamente excluidas del mercado industrial por las grandes inversiones necesarias o por las limitaciones que imponen la legislación en cuanto al volumen del negocio y de personal.

⁶ AIA (American Institute of Architects) es una organización profesional fundada en 1857 que representa los intereses profesionales de los arquitectos estadounidenses.

Las malas prácticas conservadoras en la administración de las constructoras mexicanas, requiere de un giro trascendental implementando la formación integral del “**Project Manager**”⁷, por medio de capacitaciones para complementar los conocimientos técnicos, administrativos y de liderazgo, con la finalidad de mejorar la productividad de los proyectos; donde se pueden aplicar eficientes herramientas como el Just in time, Lean construction, **modelo BIM**⁸, método Kaizen y otros de gran impacto.

Sin embargo, el mayor porcentaje de las constructoras en México, siguen construyendo como lo hacían hace varios años por resistirse a los cambios e innovaciones tecnológicas, generando irremediables errores como la falta de planeación, logística, seguridad, incumplimientos de contratos, reprocesos, uso excesivo de los recursos, entre otras problemáticas que se siguen generando y sin embargo pueden mitigarse aplicando correctamente la gestión del proyecto con base a las herramientas existentes.

Conocer los factores que influyen en la baja productividad, es la principal forma de identificar las posibles soluciones de mejora continua, por ejemplo:

FACTORES INTERNOS	FACTORES EXTERNOS
Variabilidad del proyecto.	La calidad y disponibilidad de los recursos.
Riesgos no previstos en el análisis.	Rezago en los avances tecnológicos.
Mala administración, coordinación planeación, programación y control durante la ejecución de la obra.	Disponibilidad de fondos del financiamiento.
Falta de conocimiento en los procesos constructivos.	El entorno macroeconómico y microeconómico. Entre ellos la inflación.
Deficiencias en los flujos de pedido, inventarios y efectivo.	Tiempos de traslados para la entrega de materiales.

Tabla 2 Factores internos y externos que afectan la productividad / Ilustración propia.

⁷ Project Manager es la persona encargada de administrar, controlar, supervisar e intervenir en cada una de las actividades, así como de los recursos de un proyecto.

⁸ BIM, de acuerdo a la descripción que nos brinda autodesk, es un proceso que comienza con la creación de un modelo 3d inteligente y permite la administración de documentos, coordinación y simulación durante todo el ciclo de vida del proyecto (planificación, diseño, construcción, operación y mantenimiento).

Todos los proyectos de construcción tienen deficiencias en la administración del proyecto por factores internos y externos no previstos en la etapa del desarrollo del proyecto integral o incluso en la planeación previa a la ejecución de la obra, donde es importante realizar las visitas en campo que sean necesarias para visualizar los posibles riesgos que aún se pueden evitar creando estrategias y una buena logística para mitigar los problemas antes de iniciar. Sin embargo, muchas veces los proyectos inician sin haber concluido adecuadamente estas etapas por las premuras del cliente, sin evaluar que con esto las pérdidas pueden ser mayores.

Es evidente que siempre existirá cierta incertidumbre, porque no se puede saber a ciencia cierta qué problemáticas se presentaran durante la ejecución para poder cumplir con los plazos establecidos, por eso es importante tener un análisis de los diferentes factores que se podrían presentar y llevar un estricto control de la obra.

2.3.2 PÉRDIDAS INHERENTES EN EL PROYECTO

En muchos proyectos, las empresas constructoras se enfocan únicamente en la experiencia técnica del profesional, dejando de lado la parte administrativa, escasos son los residentes de obra que llevan una adecuada gestión del proyecto al cual está a cargo y es por eso que las problemáticas tardan en llegar al gerente del proyecto dando así poco tiempo para crear una solución que mitigue las pérdidas.

Se define como “PÉRDIDA” a todas aquellas actividades que producen un costo directo o indirecto y que no agregan un valor al proyecto, es decir todo aquello que demanda cantidades mayores al recurso mínimo analizado en la primera etapa del desarrollo del proyecto integral, como son las cantidades de materiales, mano de obra, tiempos de construcción, maquinaria y equipo, entre otros conceptos, generando costos mayores durante el proceso de ejecución de la obra.

Los factores que afectan la productividad mencionados anteriormente, generan pérdidas económicas y en los tiempos de ejecución como:

- **Productividad baja** cuando se cambia el proceso constructivo como el uso de paneles prefabricados por la falta de conocimiento en el uso de este material, poca experiencia de la residencia para resolver problemas rápido, falta de supervisión de los trabajos, falta de análisis de rendimientos, falta de material, instrucciones no planificadas ni controladas, malas decisiones en la logística de avance, ausentismo del personal, falta del flujo de efectivo, entre otros factores.

- **Económicas** porque al no llevar una buena administración y coordinación en el equipo, algunas veces se absorben sobrecostos de almacenaje, es decir hay exceso de materiales que no se ocupan en la obra en el tiempo que están disponibles, mientras que por otro lado hace falta material con el que no se cuenta y si se requiere en ese momento; otra razón es el sobrecosto que generan los tiempos muertos al no contar con el material que se requiere en obra durante la ejecución de los procesos constructivos.

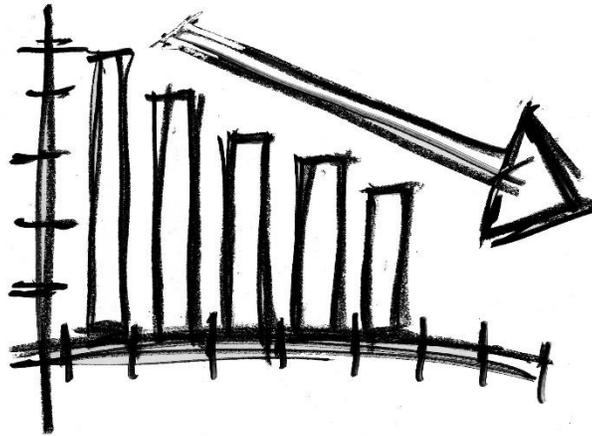


Ilustración 4 Pérdidas económicas / Imagen de internet.

- **En tiempos de ejecución** porque al no contar con el material en el tiempo que se requiere, genera atrasos en los procesos constructivos afectando a contratistas de otras especialidades. Evidentemente al no contar con una programación de obra, flujos de pedido y coordinación residente – administrador, no hay un control de los tiempos de suministros, montaje y colocación de los paneles prefabricados.



Ilustración 5 Reloj de arena – medición del tiempo / Imagen de internet

2.4 IMPORTANCIA DEL PROJECT MANAGER EN LA CONSTRUCCIÓN

2.4.1 ORIGEN DEL TÉRMINO

Adam Smith introdujo el término al vocabulario económico como administrador (gerencia) en su libro I, Cap. VI “La riqueza de las naciones”, donde introduce métodos y practicas a la organización de las empresas, ofrece una visión en la cual las tareas gerenciales son una parte esencial de las funciones en los proyectos, ha sido incluso traducido al castellano como capataz (delegación en asuntos más complejos).

El Project Manager, también es conocido como gerente de proyecto, director de proyecto o encargado de proyecto; esta persona tiene como responsabilidad liderar el proyecto de construcción, tiene la capacidad de crear estrategias previas a la ejecución, integrar todas las especialidades, resolver los problemas que surjan durante la construcción de la obra; debe ser el primero y más interesado de regirse mediante el plan logístico para garantizar la viabilidad del proyecto y alcanzar el objetivo general.

De acuerdo al **PMBOK**⁹, “La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo”.

“El rol del director del proyecto es la persona asignada por la organización ejecutora para liderar al equipo responsable de alcanzar los objetivos del proyecto”.



Ilustración 6 Project Management / Imagen de internet “Michaelpage”

⁹ PMBOK – Project Management Body of Knowledge (Guía de los Fundamentos para la Gestión de Proyectos) es una guía desarrollada por el PMI (Project Management Institute) y que cada cierto tiempo se va actualizando con las nuevas tendencias y buenas prácticas en la gestión y dirección de proyectos.

2.4.2 PROJECT MANAGER EN EL MUNDO

En un artículo publicado por “Mundo ejecutivo”, informa sobre las 5 tendencias del Project Manager. Esta disciplina como muchas otras va evolucionando y adaptándose a las necesidades que las organizaciones demandan, como bien sabemos el Project Manager juega un papel importante en el desarrollo de cualquier proyecto.

Según datos de la **OCCMundial**¹⁰, esta tendencia indica un crecimiento del 40% en las vacantes más solicitadas actualmente, donde se requiere líderes integrales con conocimientos y experiencia en la gestión de proyectos.

Las tendencias que presenta el artículo son algunas que han marcado la dirección de proyectos:

1. Big Data, es una herramienta que permite realizar estimaciones de costos y tiempos.
2. Énfasis en talento integral del PMI, conocimientos integrales enfocados en tres áreas:



Ilustración 7 Conocimientos integrales / Ilustración propia.

¹⁰ OCC MUNDIAL es la bolsa de trabajo en línea líder en México, una empresa mexicana fundada en 1996. Sitio líder para encontrar empleo a cualquier nivel que se ha especializado en optimizar las estrategias de las empresas en el mercado nacional, de acuerdo a la información extraída de su página www.occ.com.mx/blog/informacion/

3. Habilidades interpersonales, desarrollo de habilidades de liderazgo, negociación, manejo de conflictos, comunicación, entre otros que apoyan a dirigir equipos de trabajo.
4. Enfoque en la alineación con la estrategia organizacional y medición de beneficios, el proceso de gestión de beneficios (**Benefits Realization Management o BRM¹¹**) es la nueva responsabilidad del Project Manager para medir constantemente los beneficios estratégicos del proyecto.
5. Agilidad organizacional, existen herramientas como **Kanban¹²**, Lean Project Management, entre otros que agilizan los proyectos para una eficaz toma de decisiones y solución de problemas.

Según un informe publicado en **InfoJobs¹³** “Estado del mercado laboral en España” en el 2017 (pág. 72); señala que el director de Proyectos de ingeniería ocupa el segundo lugar en el ranking de los puestos con mejores salarios.

De acuerdo a esta información, el éxito de las organizaciones está dirigido a la formación integral del Project Manager, por lo que en la actualidad exige la actualización, capacitación e incluso certificaciones de acuerdo a los requerimientos actuales de las organizaciones como mejora continua en grandes proyectos de construcción.

2.4.3 CERTIFICACIONES COMO PROJECT MANAGER

El PMI (Project Management Institute) tiene más de 50 años de su fundación, es la asociación líder mundial para quienes consideran la gestión de proyectos; tiene como objetivo mejorar el éxito organizacional de la gestión de proyectos a través de estándares, certificaciones, recursos, herramientas, investigaciones, publicaciones y profesionales reconocidos a nivel mundial. (Información consultada en su página oficial www.pmi.org.com).

¹¹ **Benefits Realization Management o BRM**, en español significa “Gestión de la Realización de los Beneficios”, es una nueva guía del PMI que nos ayuda a entender, comprender y aplicar la importancia de los beneficios.

¹² Kanban es una técnica que se creó en Toyota y se utiliza para controlar el avance de actividades por medio de tarjetas.

¹³ Infojobs es una bolsa de empleo privada en línea, especializada en el mercado español, brasileño e italiano.

La certificación PMP (Project Management Professional) es la acreditación internacional que avala a quien se certifica como director de proyectos, certifica el conocimiento de un estándar internacional y por tanto manejo de lenguaje, herramientas y procedimientos comunes a todo profesional certificado; con una certificación PMI se puede trabajar en cualquier parte del mundo con un sustento profesional. (Información consultada en su página oficial www.certificacionpm.com)

Existen diferentes empresas que ofrecen la formación para Project Managers por medio de capacitaciones, pero la única que otorga las certificaciones es el PMI.

De acuerdo al PMI, en su página oficial menciona los tipos de certificación que existen:

- **PMP (Project Management Professional):** es la certificación más importante que valida la competencia del PM para desempeñarse en el rol de gerente de proyectos, liderando y dirigiendo proyectos y equipos.
- **PgMP (Program Management Profesional):** diseñado para quienes gestionan proyectos múltiples y complejos para lograr resultados estratégicos y organizacionales.
- **PfMP (Portafolio Management Professional):** reconoce la experiencia avanzada y la habilidad de los administradores de cartera.
- **CAPM (Certified Associate in Project Management):** demuestra su comprensión de los conocimientos fundamentales, la terminología y los procesos de gestión eficaz de proyectos.
- **PMI – PBA (PMI Professional in Business Analysis):** destaca su experiencia en análisis de negocios. Destaca su capacidad de trabajar eficazmente con las partes interesadas para definir sus requisitos comerciales, dar forma a la producción de los proyectos e impulsar resultados comerciales exitosos.
- **PMI – RMP (Profesional de Gestión de riesgos PMI):** reconoce el conocimiento y la experiencia demostrados en el área especializada de evaluación e identificación de riesgos de proyectos junto con planes para mitigar amenazas y capitalizar oportunidades.
- **PMI – SP (PMI Sheduling Professional):** reconoce el conocimiento demostrado y la experiencia avanzada en el área especializada de desarrollo y mantenimiento de cronogramas de proyectos.



CAPÍTULO 3: HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO

- 3.1 IMPORTANCIA DE PLANEAR, PROGRAMAR Y CONTROLAR UN PROYECTO.
- 3.2 TÉCNICAS TRADICIONALES DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN.
 - 3.2.1 DIAGRAMAS DE BARRAS.
 - 3.2.2 MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (CPM).
 - 3.2.3 MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (PERT).
 - 3.2.4 MÉTODO DE DIAGRAMAS POR PRECEDENCIAS.
- 3.3 INNOVADORAS TÉCNICAS DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN.
 - 3.3.1 REVOLUCIÓN BIM Y LEAN CONSTRUCTION.
- 3.4 METODOLOGÍA JIT EN LA GERENCIA DEL PROYECTO.
 - 3.4.1 FILOSOFÍA DEL JUST IN TIME (JIT).
 - 3.4.2 ORIGEN DEL TÉRMINO.
 - 3.4.3 OBJETIVOS.
 - 3.4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR JIT.
- 3.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO JUST IN TIME (JIT).
 - 3.5.1 FUNDAMENTOS DEL PROCESO.
 - 3.5.2 HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS.

CAPÍTULO 3. HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO

3.1 IMPORTANCIA DE PLANEAR, PROGRAMAR Y CONTROLAR UN PROYECTO.

En cualquier proyecto de construcción, la administración juega uno de los roles más importantes para gestionar los recursos desde el inicio hasta el final, aunque no lo parezca, esto comprende desde la etapa del anteproyecto donde se evalúa su viabilidad, hasta que se entrega al cliente final.

Los principales componentes tradicionales de una adecuada administración son la planeación, programación y control; aunque la mayoría de las veces los errores más comunes se presentan desde el momento en el que se está desarrollando el proyecto integral, previo a la ejecución.

Para ejemplificarlo mejor, se señalarán las etapas del proyecto en base a los apuntes estudiados en la asignatura “Planeación, programación y control de obra” de la Maestría en Construcción de la UNAM¹⁴ con el Ing. Jorge Terrazas.

Después de que ya se analizó la viabilidad del proyecto en base a una investigación previa y la elección de un anteproyecto arquitectónico, lo que sigue es desarrollarlo en tres etapas:

- **1ER ETAPA: PROYECTO INTEGRAL**
 - a) Recepción, estudio y análisis de los elementos que constituyen el proyecto integral.
 - b) Visita, investigación y recopilación de datos en la obra.
 - c) Listado de conceptos a realizar
 - d) Cuantificaciones
 - e) Selección de subcontratistas
 - f) Análisis y selección de procedimientos constructivos a implementar
 - g) Determinación del equipo y maquinaria a emplear

¹⁴UNAM Universidad Nacional Autónoma de México – es una institución pública, autónoma y laica que contribuye a la formación profesional de México, fundada en 1910.

- **2DA ETAPA: REALIZACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROYECTO EJECUTIVO.**

Realización

- a) Planeación y programación de obra
- b) Planeación operativa de la obra
- c) Integración de costos indirectos, imprevistos, utilidad y del factor de aceptación sobre el costo directo
- d) Integración de los precios unitarios
- e) Integración y formulación del presupuesto
- f) Integración del contrato de obra y celebración del mismo.

Ejecución de la obra

- **3ER ETAPA: OPERACIÓN, MANTENIMIENTO Y CONSERVACIÓN.**

La etapa que en este caso nos interesa enfocar, es la segunda donde el proyecto integral ya fue aprobado para su planeación, programación y presupuestación para evaluar la factibilidad de la obra. Se analiza si el proyecto es viable y de ser positivo el resultado, se procede a la ejecución, en caso contrario se deberá evaluar nuevamente con diferentes parámetros hasta que la relación Beneficio/costo sea mayor a 1 ($B/C \geq 1$).

En base a esto, los principales errores de una planeación se presentan desde la primera etapa, es decir:

- No se realizan las visitas previas al proyecto y se omite algún posible factor que se pueda complicar durante la ejecución de la obra.
- No se hicieron correctamente los estudios preliminares.
- No se eligieron los mejores procesos constructivos para desarrollar la obra.
- No se hizo un análisis de riesgos.
- No se definió todos los elementos del proyecto ejecutivo.

Entonces seguramente en la etapa de planeación y programación, habrá sucesos que no estén contemplados y si aunado a eso no hay un control durante la ejecución, la información se va perdiendo hasta el punto no terminar en tiempo el proyecto, hay reprocesos, pérdidas económicas, sobrecostos, reclamaciones, entre otros.

Otras causas que generan la deficiencia en la administración durante la ejecución del proyecto son:

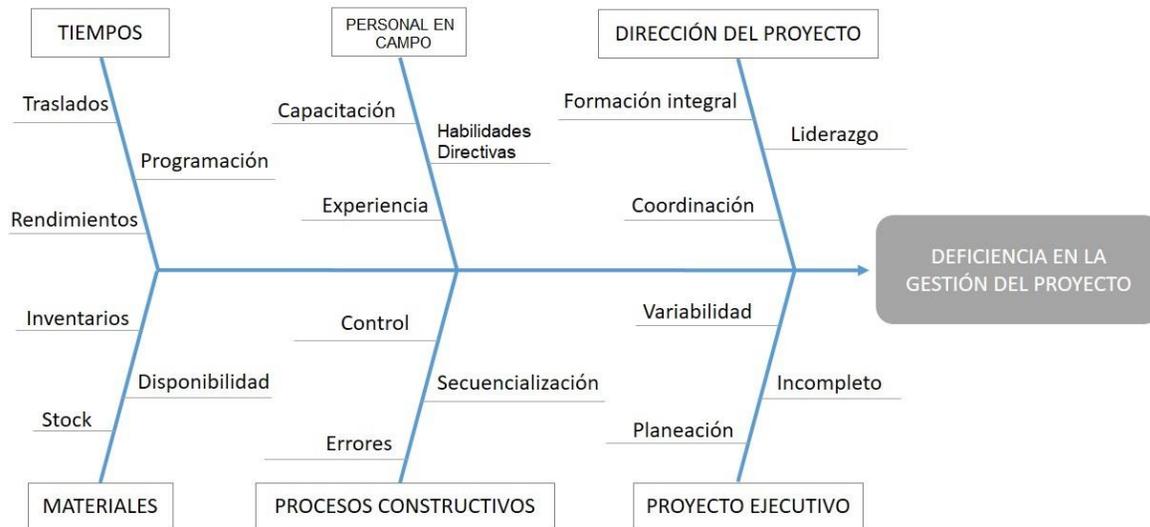


Ilustración 8 Diagrama de deficiencia en la gestión del proyecto / Ilustración propia.

Efectivamente el éxito de los proyectos depende en gran medida de una buena administración, el gerente de proyecto debe ser un profesional integral, tener apertura para implementar nuevas herramientas o software, fomentar la capacitación a los ingenieros que conforman su equipo de trabajo, desarrollar herramientas gerenciales de liderazgo que logren integrar cada parte del sistema, aportar y escuchar ideas de mejora continua, realizar un análisis **FODA**¹⁵ en cada una de las etapas, foros de mesa, reuniones dirigidas y con enfoque proactivo; por estas razones se resalta la importancia de llevar a cabo estas actividades en los proyectos.

¹⁵ **FODA** por sus siglas: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, identifican una matriz de análisis que permite diagnosticar la situación estratégica de alguna organización, empresa o proyecto.

3.2 TÉCNICAS TRADICIONALES DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN

PLANEACIÓN

La planificación del proyecto es una de las etapas más importantes antes de ejecutar la obra de construcción, su objetivo es crear una logística y estrategia para llevar a cabo las actividades del proceso constructivo en cada fase del proyecto en un tiempo determinado utilizando los recursos necesarios para cumplir el plazo de ejecución pactado con las exigencias del cliente, minimizando así los costos para no desviarse del presupuesto inicial.

Por lo tanto, para planear eficientemente una obra, se requiere tomar en cuenta los siguientes principios:

1. Factibilidad: todo lo planeado debe ser posible de lograr en base a la realidad de las condiciones actuantes.
2. Objetividad y cuantificación: deben de existir datos reales, análisis de los rendimientos, se deben utilizar datos estadísticos, modelos matemáticos y estudios de factibilidad, así como un análisis de riesgos.
3. Flexibilidad: en la elaboración del plan es preferible establecer durante la programación, tiempos de holgura que permita afrontar acontecimientos imprevistos para ejecutar los ajustes necesarios con las condiciones existentes.
4. Unidad: todos los planes de las actividades de la obra se deben integrar en un plan general y desarrollarse con el fin de lograr cada objetivo de manera consistente a cuanto su enfoque.
5. Apertura del cambio de estrategias: en caso de haber modificaciones, se deberán ajustar los planes de acción, programas, procedimientos y presupuestos sin cambiar el objetivo, pero debe haber apertura por parte de los involucrados.

Sin planes, los administradores pierden el control de la organización del personal y los recursos, incluso puede llegar un punto en el que el mismo gerente no tenga la idea clara de que es lo que el proyecto necesita y es ahí donde las utilidades pueden disminuir significativamente, sin una planificación previa se minimiza la probabilidad de lograr los objetivos establecidos.

Es ahí donde el control juega un papel importante dentro de la planeación y programación de la obra, porque conforme va avanzando el proyecto, se van tomando medidas preventivas en caso de detectar algún cambio en el programa inicial, aportando información de retroalimentación para tomar acción con anticipación.

Las etapas de la planeación se dividen principalmente en:

1. Pronósticos: actuales y futuros del proyecto.
2. Investigación: visitas de obra, elaboración de logística y estrategias de construcción, materiales disponibles cerca del lugar del proyecto, mano de obra dispuesta, complicaciones posibles, clima, etc.
3. Premisas: suposiciones de circunstancias, riesgos o condiciones que afecten durante el desarrollo del plan.
4. Objetivos: establecer el resultado deseado.
5. Estrategias: determinación de recursos para lograr los objetivos.
6. Políticas: establecer los lineamientos o procesos constructivos a ejecutar.
7. Programas: ordenación en el tiempo y recursos necesarios en cada etapa.
8. Presupuestos: elaborar los planes económicos de cada etapa de construcción para controlar los ingresos mitigando las pérdidas.

PROGRAMACIÓN

En los proyectos de construcción existen varias técnicas para programar las actividades en cada etapa según su proceso constructivo. La principal problemática es que el conocimiento en obra sobre estas técnicas es muy escaso, pues realmente se sabe la teoría, pero pocas veces se lleva a la práctica, sin embargo, son muy fáciles de elaborar e interpretar cuando ya tienes la experiencia profesional en campo.

Las tres técnicas más usadas y/o conocidas en el proyecto son:

- Diagrama de barras (Gantt)
- Método de la ruta crítica (CPM)
- Método de diagramas por precedencias.

Estas técnicas no son suficientes y es por eso que se han ido complementando con nuevas investigaciones de metodologías o software para la planeación, programación y control de obra, buscando la mejora continua en los grandes proyectos de infraestructura y construcción.

A lo largo del tiempo, las exigencias del sector implican el uso de nuevas herramientas que nos permitan construir nuestros proyectos de manera rápida y eficiente, como el método del Just in Time, también conocido como método Toyota, es un sistema de origen japonés diseñado por Taiichi Ohno para minimizar el costo de la gestión o por pérdidas en almacenes debido a decisiones innecesarias y maximizar el valor del producto final.

El objetivo del “Just in time” es producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento que se necesitan para aumentar la productividad.

Su aplicación es compleja, pero sus implicaciones son de gran alcance; está acompañada por muchas metodologías y/o herramientas como el Lean Construction. Es un método eficaz y productivo que ha dado un giro importante en la gestión empresarial; impulsando a las empresas a actualizarse y buscar la mejora continua en sus procesos constructivos.

3.2.1. DIAGRAMAS DE BARRAS

Fue descubierto inicialmente por Henry L. Gantt siendo su primera aplicación del método en el sector industrial, está diseñado como un método gráfico por medio de barras donde se enumeran las etapas y/o actividades del proyecto en una columna, en otra columna se coloca la duración estimada en días, mientras que en las columnas siguientes se enumera por fecha el día, semana o mes desde el inicio del proyecto hasta el término.

Cada barra o fila, representa una actividad parte del proceso constructivo, puede estar dividido por etapas (preliminares, cimentación, estructura, acabados, instalaciones, etc.), se achurará la longitud que representará la duración estimada para dicha actividad. En caso no iniciar o finalizar en la fecha programada, también se puede graficar con el avance real de esta actividad a través del tiempo. Esta metodología puede funcionar también como un modelo de control, por una parte, refleja la duración estimada y por otro el progreso real de cada actividad.

En base a esto, si la obra está dividida en varios frentes, para la siguiente parte existirá una referencia aproximada de la duración por cada actividad y así se podrán tomar medidas de ajuste en caso de ser necesario.

Por ejemplo:

ACTIVIDAD	DURACIÓN	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3						
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
		29-04-19	30-04-19	01-05-19	02-05-19	03-05-19	04-05-19	05-05-19	06-05-19	07-05-19	08-05-19	09-05-19	10-05-19	11-05-19	12-05-19	13-05-19	14-05-19	15-05-19	16-05-19	17-05-19	18-05-19	19-05-19
EXCAVACION DE CIMENTACION Y MUROS DE CISTERNA CASA - 1	11																					
	D							x														
ARMADO DE CIMENTACION Y MUROS DE CISTERNA CASA-1	12																					
	D							x							x							
CIMBRADO DE CIMENTACION Y MUROS DE CISTERNA CASA-1	8																					
	D													x								
COLADO DE CIMENTACION Y MUROS DE CISTERNA CASA - 1	1																					
	D																					
DESCIMBRADO DE CIMENTACION Y MUROS DE CISTERNA CASA - 1	2																					
	D																					

Ilustración 9 Diagrama de barras / Ilustración propia.

El diagrama de barras de la figura anterior, representa la duración de cada actividad en la etapa de cimentación por semana según el proceso constructivo de esta fase.

Como se puede observar, hay actividades que se pueden iniciar sin necesidad de que la actividad anterior esté terminada, pero hay otras donde si es necesario haber concluido las primeras para poder continuar.

Este método a diferencia de los otros dos, es que se puede apreciar de manera más práctica y precisa la secuencia lógica del grupo de actividades, pero no se puede distinguir los tiempos de holgura y la secuencia que precede a cada actividad.

Por otra parte, es posible desarrollar un diagrama de flujo de efectivo y determinar la productividad de cada actividad comparándolo con la gráfica del avance real hecha durante el control de la obra.

3.2.2. MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (CPM)

En el año de 1956 Morgan Walter de la compañía Du Pont, y James E. Nelly crearon una innovadora técnica de planeación y programación de la construcción con el propósito de crear una mejora en la utilidad de la computadora Univac (Universal Automatic Computer); creando un método racional, secuencial y simple que podía ser interpretado por una computadora.

Esta innovadora técnica comenzó llamándose el Método de Walter-Kelly, actualmente conocido como el Método de la Ruta Crítica (Critical Path Method), consiste en esquematizar todas las actividades en las que se subdivide el proyecto a través de un diagrama, especificando el tipo de relación entre una y otra, así como su duración.

La red CPM, calcula los tiempos de duración y plazos máximos entre una actividad y otra durante la planificación de un proyecto, esta herramienta estima duraciones probables en cada actividad en base al rendimiento y total de personas involucradas, para calcular la duración total de todas las fases del proyecto, en base a conocer este último dato se evalúan los recursos en caso de tener la necesidad de modificar los programas a tiempos más cortos para la terminación de obra y se recalcula para determinar si las condiciones propuestas son las más viables para el proyecto.

La ventaja de usar este método es que las actividades se resumen en una imagen general de todo el proyecto, haciendo más visual la secuencia de las actividades, duración y holguras entre cada una de ellas, saber y controlar durante la ejecución de la obra los periodos mínimos y máximos para iniciar cada actividad, así como, para terminar.

La desventaja es que en nuestro país es muy usual que no exista un control del programa realizado al inicio del proyecto, perdiendo así el objetivo que brinda esta herramienta, si se llevara en conjunto con la ejecución de las obras, se podría detectar con tiempo los problemas de atraso para generar nuevas estrategias y cumplir con los tiempos establecidos al inicio de la construcción.



Ilustración 10 Diagrama de la ruta crítica CPM / Ilustración propia.

3.2.3 MÉTODO DE LA RUTA CRÍTICA (PERT)

Un año después del descubrimiento del Método de la Ruta Crítica (Critical Path Method), en 1957 la oficina de artillería de la marina de los Estados Unidos desarrollo el programa Polaris, para poder coordinar e integrar este programa, se desarrolló una técnica llamada **Program Evaluation Review Technique (PERT)**¹⁶; esta técnica es similar a la ruta crítica, la diferencia es que usa variables probabilísticas de tiempo (más probable, optimista y/o pesimista)

Ambos modelos se siguen utilizando en la construcción, tanto la Ruta crítica como el Pert son la base fundamental en complemento de nuevos modelos para programación de obras y son los más aplicables en proyectos de todo el mundo.



Ilustración 11 Diagrama de la ruta crítica PERT / Ilustración propia.

3.2.4. MÉTODO DE DIAGRAMAS POR PRECEDENCIAS

Es lo contrario a los diagramas de flecha, en este caso las actividades se representan en los nodos y las flechas sirven para conectar las actividades, especificando el tipo de relación que existe entre cada una. Los nodos se pueden representar con rectángulos o casillas, espacios a la izquierda o derecha para indicar los TPI, TPT, TRI y TRT para cada actividad.

Este método refleja que en un proyecto hay diferentes actividades y que no necesariamente empiezan hasta que la actividad que le precede termine, también puede empezar durante la actividad en proceso o incluso al mismo tiempo.

¹⁶ **Program Evaluation Review Technique (PERT)**, en español significa técnica de evaluación y revisión de programas, es un método que sirve para planificar proyectos que tienen varias actividades.

3.3 INNOVADORAS TÉCNICAS DE PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN

3.3.1 REVOLUCIÓN BIM Y LEAN CONSTRUCTION

- **BIM**

El **building Information Modeling (BIM)** es una metodología que tiene más de 20 años en el mercado y que llegó para revolucionar la forma tradicional de gestionar los proyectos. Nos permite reducir errores y riesgos, mejorar la precisión y rapidez de las cuantificaciones, simular el proyecto en 3D para visualizar cada elemento, desde su estructura hasta las instalaciones.

Actualmente se ha estado aplicando esta metodología en diferentes países para la administración de proyectos de construcción, el conocimiento de este sistema se ha convertido en parte imprescindible en la formación de los profesionales de la construcción, se desprende de un software nombrado “Autodesk Revit”.

Una definición más desarrollada sobre el “BIM” de acuerdo al **National BIM Standard – United States (NBIM-US)**¹⁷ es:

“BIM es una representación digital de las características físicas y funcionales de una construcción. Como tal, sirve como recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre una edificación que forma una base fiable para las decisiones durante su ciclo de vida desde la concepción en adelante.”

Esta metodología colaborativa, se apoya de herramientas tecnológicas que facilitan un intercambio de información entre los componentes a través de un modelo virtual en el sector edificación o infraestructura.

Cabe destacar que BIM no es un software, es una metodología que sirve desde el inicio del proyecto hasta su finalización para manejar información alterna durante el ciclo de vida del proyecto, algunos de sus usos se muestran en la siguiente imagen:

¹⁷ **National BIM Standard – United States (NBIM-US)** proporciona estándares basados en consenso al hacer referencia a los estándares existentes, documentado los intercambios de información y ofreciendo las mejores prácticas comerciales para todo el entorno construido.

HERRAMIENTAS DE PLANEACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DEL PROYECTO

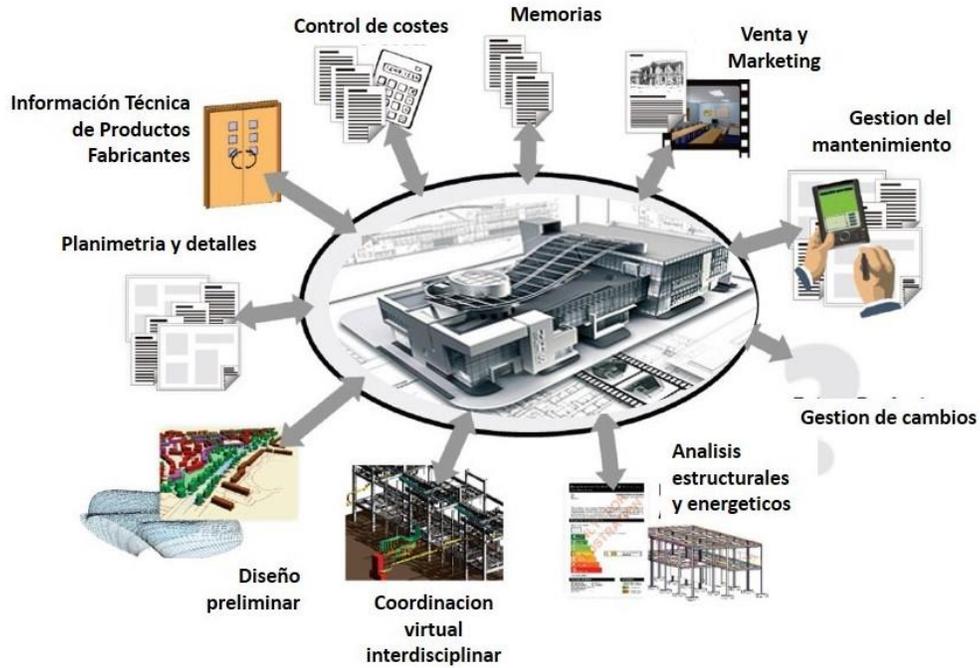


Ilustración 12 Usos del BIM / Ilustración de internet.

Existe una variedad muy amplia de software, herramientas y aplicaciones que se pueden utilizar para aplicar esta metodología BIM., únicamente son una presentación del proyecto, sin embargo, el uso de estas no es precisamente el significado de BIM.



Ilustración 13 Aplicaciones para el uso BIM / Ilustración de internet.

➤ VENTAJAS:

- Mejora la estimación de costos.
- Cuantificaciones más precisas de los elementos.
- Información actualizada.
- Representación visual de los proyectos.
- Es un apoyo para el cobro de estimaciones.

➤ DESVENTAJAS

- Costos altos para la implementación.
- Requiere capacitación continua en la actualización de software.

• LEAN CONSTRUCTION

Es una nueva filosofía de trabajo que trae consigo grandes ventajas competitivas para implementar la productividad de los proyectos. El término “Lean” se deriva de la metodología descubierta por Toyota a finales del siglo XX, su principal objetivo es entregar en tiempo y con calidad los servicios o productos, utilizando la cantidad mínima de recursos, se basa en el mejoramiento continuo a través de la eliminación de desperdicios.

Lean construction tiene como objetivos:

1. Maximizar el valor al cliente.
2. Eliminar inventarios y desperdicios.
3. Reducir tiempos de ciclos.
4. Incrementar las ganancias

Lean construction, traducido al español como “Construcción sin pérdidas” es un nuevo enfoque en la gestión de proyectos de construcción introducido por el profesor Lauri Koskela en 1992, basado en proyectos con gran incertidumbre en la planeación, y que estaba empleado en la industria automovilística.

Posteriormente Glenn Ballard aportó herramientas para adaptar este modelo al sector construcción, fue el pionero en desarrollar el sistema conocido como “Last planner”, aplica las herramientas de Lean Manufacturing.

El **lean Lexicon**¹⁸ define Lean production o producción ajustada como un sistema de negocio, desarrollado inicialmente por Toyota después de la Guerra Mundial, para organizar y gestionar el desarrollo de un producto, las operaciones y las relaciones con clientes y proveedores, que requiere menos esfuerzo humano, menos espacio, menos capital y menos tiempo para fabricar productos con menos defectos según los deseos precisos del cliente, comparado con el sistema previo de producción en masa.

Algunos de los principios que se aplican en este modelo son:

- Just in time (JIT)
- Mejora continua
- Control de calidad
- Red de proveedores
- Sistema pull

Los principios Lean fueron definidos por Womack y Jones (1996), se describen a continuación:

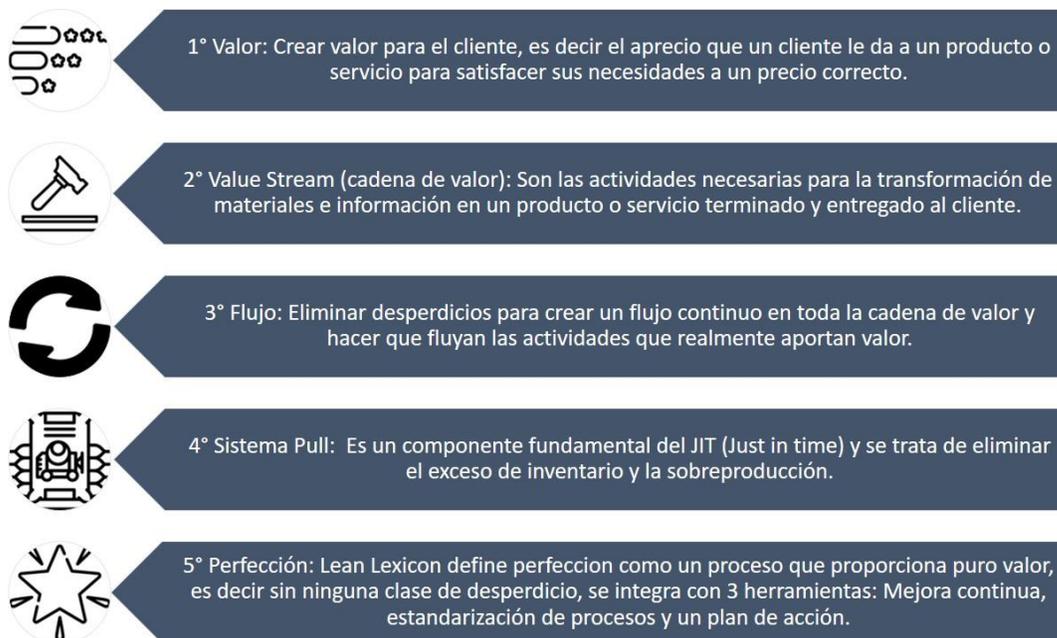


Ilustración 14 Principios Lean / Ilustración propia.

¹⁸ **LEAN LEXICON** define Lean production como un sistema de producción desarrollado inicialmente por Toyota, para proporcionar mejor calidad a un menor costo.

En el Lean Construction se establecen ocho categorías de desperdicios o residuos:



Ilustración 15 Categorías del Lean Construction / Ilustración propia con imágenes de internet.

El BIM nos ayuda a gestionar correctamente los recursos, pero sin el complemento del Lean Construction, prácticamente no habría éxito en los proyectos, de ahí la importancia de aplicar ambas metodologías simultáneamente.

3.4 METODOLOGÍA JIT EN LA GERENCIA DEL PROYECTO

3.4.1 FILOSOFÍA DEL JUST IN TIME (JIT)

La filosofía “Just in time” reduce o elimina el desperdicio en las actividades de compras, fabricación y distribución diseñado principalmente para negocios manufactureros, pero también puede ser aplicable en el sector de construcción específicamente en el proceso del suministro de los materiales.

Esta técnica solamente logra aplicarse si se utilizan los siguientes componentes básicos para eliminar el desperdicio:

- Imponer equilibrio, sincronización y flujo en el proceso.
- Calidad de los productos o servicios.
- Intervención de los empleados comprometidos.

“Según Edward Hay, en su libro Justo a tiempo, el método “Just in time” es una filosofía industrial de eliminación de todo lo que signifique desperdicio en el proceso producción desde compras hasta la distribución, para hacer de la fabricación una herramienta estratégica.”

El desperdicio está definido en Toyota por toda aquella cantidad mínima de equipo, materiales, piezas y tiempo laboral absolutamente esenciales para la producción.

Los recursos mínimos es no tener nada de stock, tiempos de producción en exceso, personal que no esté dedicado a cumplir tareas que no agreguen valor, construir rápido y económico con buena calidad para optimizar la productividad de la obra.



Ilustración 16 Optimización de recursos / Ilustración de internet.

3.4.2 ORIGEN DEL TÉRMINO

En la década de los 80's en el sector industrial, las empresas por parte de países occidentales observaron su incapacidad de trabajar con calidad, costos y servicios a comparación de “Nuevos competidores” definidos por el director ejecutivo de Motorola, William Weisz “como aquellos que luchan activamente por la calidad perfecta, la tecnología de vanguardia, la fabricación justo a tiempo y el servicio competitivo en costo”

El enfoque que estaban utilizando éstos nuevos competidores globales, iba enfocado en trabajar con la metodología del “Just in time” (justo a tiempo).

El Just in time nació en Japón, comenzó siendo un sistema de producción de la empresa Toyota utilizándolo a principios de los años 50; el propósito principal de este sistema era eliminar todos los elementos innecesarios en el área de producción incluyendo el área administrativa, buscando analizar el éxito de las empresas japonesas con un enfoque de “producción justo a tiempo.

Este sistema comenzó gracias a la visión de **Toyota y Taiichi Ohno**, propagándolo a las demás empresas japonesas. A estas ideas se sumaron los aportes de otros gestores y consultores de calidad como Mizuno, Karatsu, Shigeo Shingo, empresas como General Motor, Motorola, Ford Motor y otros.

Por ello, uno de los pilares de esta filosofía es el ahorro de espacio, eliminación de desperdicios, inexistencia de inventario, lograrlo implicaba acortar distancias con competidores extranjeros y japoneses, aplicar reingeniería en los procesos, eliminar inproductividades en procesos constructivos y administrativos.

3.4.3 OBJETIVOS

Partiendo de la filosofía que el “Just in time” es una gestión del recurso a fabricar justamente los productos necesarios, en el momento preciso y en las cantidades debidas, pues el exceso de esto representa el capital de la empresa que no genera utilidades y por el contrario podría provocar que parte del material sea inservible al momento de su uso.

Irma Noemi Yasem de Estofan, en el libro “Producción & Operaciones”, expone que “el objetivo de este sistema es mejorar la posición competitiva de la empresa, al incrementar la calidad y flexibilidad en la entrega a los clientes, merced a la eliminación de los desperdicios en todos los aspectos del proceso productivo.”

Las mejoras se encuentran comprendidas en la “Teoría de los 5 ceros”:



Ilustración 17 Teoría de los 5 ceros / Ilustración propia.

3.4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE USAR JIT

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - Inventarios mínimos. - Reduce el stock - Reduce las pérdidas de tiempo - Es una metodología flexible - Es una herramienta fácil de utilizar - Optimiza los espacios. - Fomenta la planificación de un flujo de pedido 	<ul style="list-style-type: none"> - Aumento de costos si se cambia de proveedor (switching cost) - Resistencia inicial de los residentes. - Si no se ejecuta correctamente se corren riesgos de retrasos. - Aumentan los costos en compras pequeñas. - El peligro de retrasos, suspensiones y problemas por falta de suministros.

Tabla 3 Ventajas y desventajas de usar JIT / Ilustración propia.

3.5 APLICACIÓN DEL MÉTODO JUST IN TIME (JIT)

En el presente trabajo de investigación se destaca el uso de paneles prefabricados de concreto celular en obras de edificación, el cual es un tema interesante debido a la aplicación que tiene con la filosofía del Just in Time.

En este capítulo encontraras algunos ejemplos de referencia para la aplicación de los fundamentos del proceso de la filosofía JIT, posteriormente en los siguientes capítulos se irá desglosando la información detalladamente.

3.5.1 FUNDAMENTOS DEL PROCESO

La filosofía de la construcción sin perdidas con la metodología del Just in Time, ha tomado los mejores aspectos con la finalidad de crear una herramienta flexible en adaptarse a los procesos constructivos. Esta metodología se fundamenta en los siguientes procesos:



Ilustración 18 Fundamento de los procesos JIT / Ilustración propia.

➤ RECURSOS FLEXIBLES.

Para aplicar la filosofía just in time hay que implementar el “**Pull flow**” (**flujo físico**)¹⁹ del material a través de la línea de producción a la obra de construcción.

La clave del éxito para lograr un movimiento eficiente de materiales dentro de un área productiva o en la organización, consiste primordialmente en conseguir que los suministros se realicen de manera continua (sin pausas) y equilibrada (entre cada una de las etapas), he de aquí la importancia de llevar una buena planeación y programación de la obra, con sus respectivos flujos de pedido, para que conforme se van culminando las etapas de construcción.

¹⁹ **Pull flow (flujo físico)**, es la fabricación de la cantidad uniforme o semejante a las órdenes de producción a lo largo de un periodo dado de tiempo.

Por ejemplo, en este caso el proveedor de los prefabricados de concreto celular, ya tiene que tener en producción el siguiente lote de materiales, pues existen varios factores que indirectamente dependen de él, como los distribuidores de los materiales con los que fabrica los paneles de concreto celular.

Es importante la eliminación de todos los movimientos innecesarios y acortar los recorridos todo lo posible, tener asignada un área de descarga en la obra que optimice los recorridos del movimiento al sitio donde se va a ocupar y no genere espacios saturados.

➤ **DISTRIBUCIÓN.**

Es importante también, tener una logística y buena comunicación de los flujos físicos, por parte del proveedor con el encargado de la obra y considerar los siguientes aspectos:

- Aprovechamiento: lugar de descarga, maniobras, control de calidad, etc
- Gestión de inventarios: dar un seguimiento administrativo de los materiales.
- Cadena logística de distribución: medio de transporte, tiempos de envío, etc.

La distribución del material de la planta de producción (en el caso de la presente investigación, la planta donde fabrican los paneles de concreto celular) a la obra debe de considerar factores muy importantes como:



Ilustración 19 Factores que influyen en la distribución del material / Ilustración propia.

➤ **SISTEMA PULL O DE ARRANQUE.**

Tradicionalmente, los inventarios se han empleado como elemento amortiguador de los errores en la coordinación. La solución a este problema fue el **sistema pull**²⁰ o de arranque.

²⁰**Sistema Pull**, Su principal finalidad es transformar la fabricación, el almacenamiento y la logística hasta convertirlos en fases lo más eficientes posible. (edsrobotics)

En este sistema se debe elaborar un programa que establezca la labor a realizar para cada una de las etapas de la construcción, cada una de las cuales empuja posteriormente el trabajo ya realizado hasta la siguiente etapa, a este sistema se le conoce con el nombre tradicional “Sistema Pull o de Arranque.

Este sistema se utiliza principalmente en la industria de manufactura, tiene el propósito de crear un flujo de trabajo donde se realiza el mismo, solo si hay una demanda para ello.

Esto aplicado en la construcción, sucede cuando optimizas los procesos constructivos buscando áreas de oportunidad o mejora para agilizar las actividades; para esto es importante llevar una buena planeación, programación y control de cada uno de los procesos para que el material esté disponible en las cantidades requeridas.

➤ **REDUCCIÓN DE TIEMPOS DE FABRICACIÓN Y ESPERA.**

La principal problemática de depender de factores externos en un proyecto, como es el caso de los proveedores es en la toma de pedidos al no conocer la respuesta de fabricación, es decir los tiempos que tarda en el traslado el material de la fábrica del proveedor a la obra, el tiempo de fabricación de los materiales, el tiempo administrativo, etc.

Se debe de reducir el tiempo de terminación de un producto, el cual está integrado por cuatro componentes:

1. El tiempo de movimiento: se reduce simplificando los desplazamientos, estableciendo rutas más racionales o eliminando la necesidad de desplazar materiales, para esto es necesario ubicar en la obra un área de carga y descarga donde el material no estorbe a otras actividades y sea únicamente para montar directamente a su lugar correspondiente.
2. El tiempo de espera: se puede mejorar programando el suministro respecto a las etapas de avece del proyecto.
3. El tiempo de adaptación de las maquinas o grúas: frecuentemente en las obras, el gran cuello de botella es la mala organización con el uso de las grúas, ya que como bien sabemos en una obra existen diferentes competencias o contratistas que también requieren del uso adecuado de la misma, esto nos lleva a la necesidad de generar horarios que beneficien a todas las partes involucradas para optimizar al máximo los

usos de la maquinaria, esta reducción constituye uno de los elementos vitales del sistema JIT.

4. El tiempo de procesamiento: se puede reducir incrementando la eficiencia de la maquinaria o grúa, así como disminuir el stock y el retraso de los materiales en obra.

➤ **MINIMIZAR EL STOCK.**

Reducir el tamaño del stock nos obliga a tener una excelente comunicación con los proveedores, subcontratistas, residentes, personal administrativo o de compras, gerente de proyecto y cualquier otro involucrado en los procesos constructivos, esto nos ayuda a disminuir los costos de almacenamiento y aprovechar la inversión económica en recursos que si son necesarios en esa etapa del proyecto.

➤ **TOLERANCIA CERO ERRORES.**

Al momento de construir se debe de llevar un estricto control en los procesos constructivos para mitigar los errores, es importante trabajar con la ideología “Tolerancia cero errores”, ya que, si no se previenen las problemáticas antes de tiempo, esto podría generar un costo importante en el presupuesto y además atrasos en la entrega de obra, por lo tanto, se pierde el sentido de aplicar la filosofía del JIT.

➤ **RED DE PROVEEDORES.**

Disponer de una red de proveedores que generen seguridad y confianza al proyecto, es de suma importancia para la aplicación de la metodología JIT. Los proveedores deben de cumplir ciertos estándares de calidad, de preferencia que se encuentre su punto de fabricación o distribución, cerca de la obra para facilitar las entregas debido a tiempos de traslados, no solamente debe de considerarse el stock. En el caso de los paneles prefabricados de concreto celular, es recomendable que la industria que los fabrica también aplique esta metodología o algunas herramientas similares para poder lograr una sincronización entre ambas partes.

Para esto se debe de considerar antes de elegir a un proveedor, lo siguiente:

1. Ubicarse cerca de la obra.
2. Emplear camiones pequeños y/o grandes dependiendo la necesidad de la obra.
3. Establecer pequeños almacenes cerca del cliente en caso de ubicarse en otro estado.
4. Hacer las entregas de acuerdo con el programa establecido inicialmente o durante la construcción.
5. Elegir a un proveedor certificado, y hacer acuerdos de los pagos.

➤ **MEJORA CONTINUA.**

La metodología JIT es fácil de implementar, su objetivo es eliminar el desperdicio y simplificar la ejecución de los procesos, la mejor forma de ejecutarlo es a prueba y error, ir tomando notas de lo que sucede, un control bastante comprometido.

El resultado final de los fundamentos del proceso de la metodología JIT, es cumplir con la filosofía de “la mejora continua”.

En un proyecto de construcción debe de existir de manera constante una evolución para la mejora de los procesos, tal y como se muestra en el famoso **circulo de Deming**²¹:

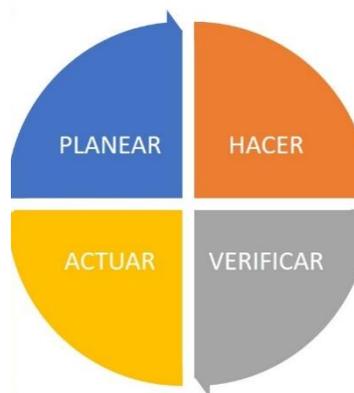


Ilustración 20 Circulo de Deming / Ilustración propia.

²¹**Círculo de Deming** su principal objetivo es la autoevaluación, destacando los puntos fuertes que hay que tratar de mantener o que áreas son las que se deben de mejorar y es el sistema más usado para implementar una mejora continua.

Por citar solo alguno de los elementos que componen la mejora continua, son:

- a) Control visual: organizar los recursos que intervienen en el sistema constructivo, para lograr identificar los problemas con anticipación, analizar los tiempos de producción, rendimientos del personal y/o maquinaria, tiempos programados con el avance de la obra, posibles riesgos, etc.
- b) Implicación total de empleados: se debe de integrar a todo el personal, el éxito de la aplicación de la metodología JIT reside en la predisposición de los trabajadores a identificar los problemas constructivos, de calidad, atrasos, aportar ideas de mejora, modificar rutinas de trabajo.

El director del proyecto debe de ser una persona con habilidades conversacionales y de liderazgo para saber cómo guiar a su equipo de trabajo en beneficio al objetivo de la obra.

Se base en los siguientes principios:

- Crear una mentalidad para la mejora, es decir pensar en positivo y evitando excusas o pretextos.
- Intentarlo varias veces hasta que salga el resultado deseado. Hacer un análisis FODA puede ser de gran utilidad para visualizar las oportunidades de mejora.
- Cuestionarse el porqué de los problemas.
- Trabajar en equipo.
- Permanecer constantemente en actualización y abierto a las mejoras.

3.5.2 HERRAMIENTAS COMPLEMENTARIAS

En esta parte del capítulo se describirán las herramientas de apoyo con las que se puede aplicar esta metodología como son:

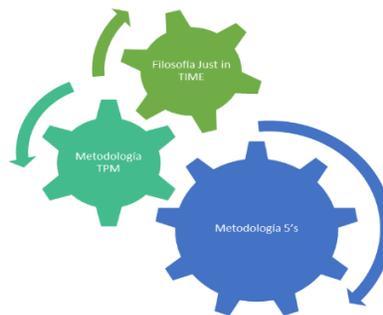


Ilustración 21 Herramientas complementarias / Ilustración propia.

- **SISTEMAS DE APROVISIONAMIENTO JIT.**

Dentro de las características de la metodología JIT es indispensable que los suministradores o proveedores, cuenten con programas de entrega muy exigentes, para lograr el éxito de esto es necesario que los proveedores sean considerados como parte del equipo de la obra y establecer acuerdos de cooperación que permita entregas de calidad sin retrasos.

- **METODOLOGÍA 5'S.**

Esta metodología es una técnica de trabajo relacionada con la filosofía de calidad total, sirve para eliminar los obstáculos que impidan una producción eficiente y a una mejora sustantiva en cuestiones de higiene y seguridad. Puede ser un apoyo en la construcción de un proyecto que implemente numerosas mejoras a bajo costo.

Su principal objetivo es mejorar y mantener las condiciones de la obra con orden y limpieza en cada lugar del trabajo, esto ayudara a mejorar la motivación del personal, eficiencia, calidad, productividad y competitividad del proyecto.

La metodología define a las 5s como un estado ideal que:

1. Se eliminan los materiales innecesarios
2. Los materiales tienen un orden.
3. Se eliminan espacios sucios o desordenados.
4. Existe un control visual que señala los errores
5. Se mantiene en mejora constante todo lo anterior

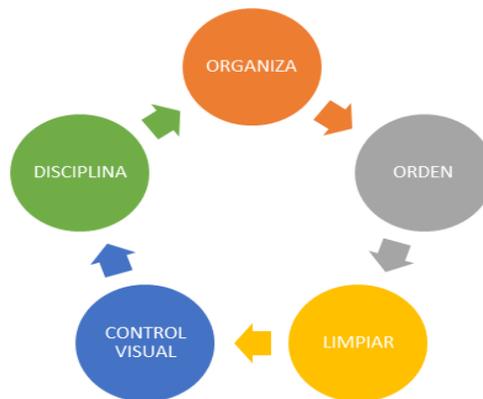


Ilustración 22 Metodología 5's / Ilustración propia.

Se desarrolló por empresas japonesas, entre ellas Toyota, con el nombre 5s, nombrando a cada fase que compone la metodología como:

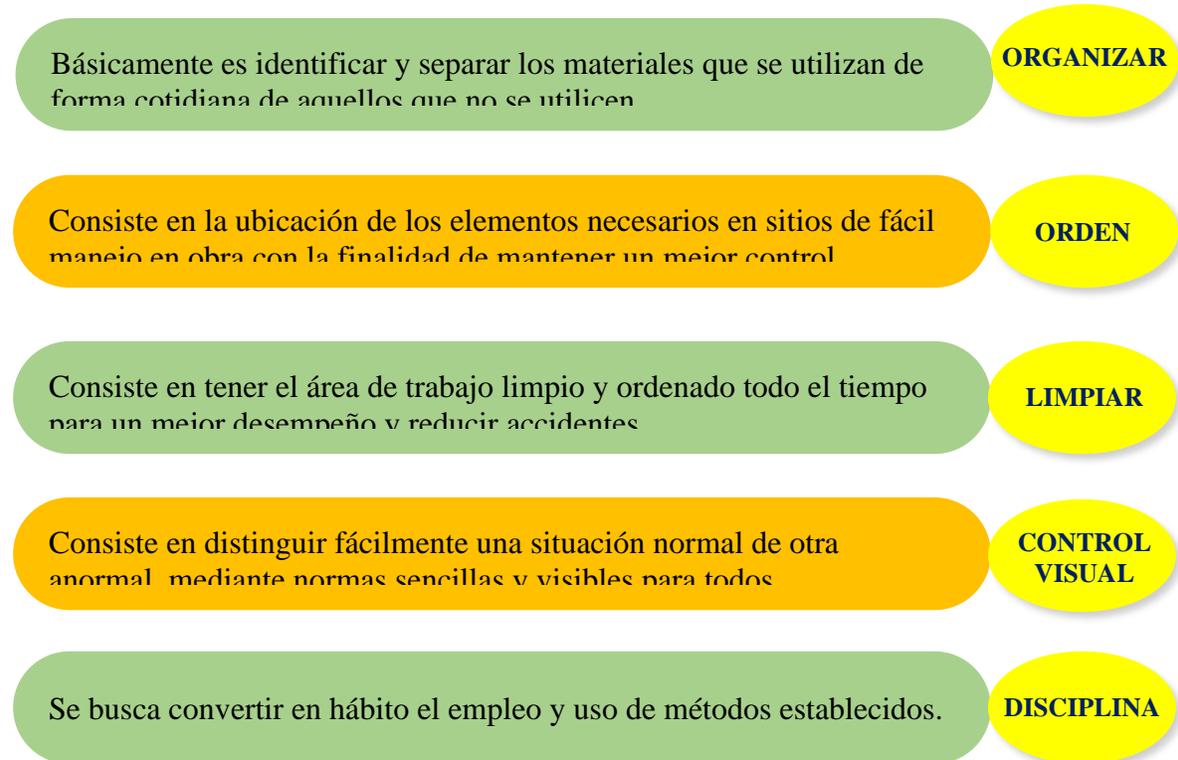


Ilustración 23 Fases de la metodología 5's / Ilustración propia.

Las primeras tres fases (organización, orden y limpieza) son operativas, la cuarta fase (control visual) ayuda a mantener las tres primeras fases mediante la estandarización, la última fase permite adquirir el hábito de su práctica y mejora continua, una depende de la otra.

Los principales beneficios de implementar esta metodología son:

- ✓ Menos movimientos innecesarios
- ✓ Mejor área de trabajo
- ✓ Mayor trabajo en equipo
- ✓ Menor nivel de inventarios
- ✓ Más espacio

- **METODOLOGÍA TPM.**

Los ocho pilares de **TPM (Mantenimiento Productivo Total)** son la base principal para la aplicación de esta metodología, cada uno de estos pilares nos direcciona la ruta a seguir para cumplir los objetivos de eliminar o reducir perdidas. Los pilares son:



Ilustración 24 Metodología TPM / Imagen de internet por BSGINSTITUTE

1. Mejoras enfocadas: Es encontrar una mejora dentro del proyecto, como la reducción o eliminación de desperdicio.
2. Mantenimiento autónomo: El operador en este caso podría ser de la grúa, debe estar listo para hacer cambios de formatos o algunos mantenimientos básicos, reportar las fallas anticipadamente para poder realizar los servicios necesarios.
3. Mantenimiento planificado: se debe de tener un mantenimiento preventivo para lograr disminuir los costos.
4. Mantenimiento de calidad: Es importante integrar todos los procesos constructivos para identificar la causa del efecto ante cualquier problemática.
5. Prevención del mantenimiento: Es planificar e investigar sobre los nuevos procesos y/o maquinarias que puede implementar el proyecto, diseñar o rediseñar los procesos constructivos, verificar los nuevos proyectos, evaluar los avances.

6. Actividades de departamentos administrativos y de apoyo: Es importante aplicar el mapa de cadena de valor transaccional para encontrar oportunidades y luego lanzar proyectos para mejorar los tiempos y errores.
7. Formación y adiestramiento: Debe ser polivalente de acuerdo a lo que requiere el proyecto, muchos de los desperdicios se deben al personal que hace la mano de obra, por eso es importante la planificación de la formación del personal, hacerlos conscientes de la problemática en costos que esto involucra.
8. Gestión de seguridad y entorno: Se debe de llevar un control y análisis sobre los tiempos y movimientos del material, analizar los riesgos de seguridad, etc.

La aplicación de la metodología TPM no solo soluciona problemas básicos en el área de mantenimiento, necesita la integración de todas las áreas.

- **SECTORIZACIÓN Y TREN DE ACTIVIDADES.**

En base a tener bien definido cada proceso constructivo, esta herramienta consiste en dividir una actividad y conocer la cuantificación de cada una de ellas (m², m³, ml, pzas, etc); se debe de considerar que los sectores tengan una cantidad de elementos similares a ejecutar para no generar atrasos o desbalances en la producción de la obra, un claro ejemplo de esto es la aplicación de la ruta crítica.

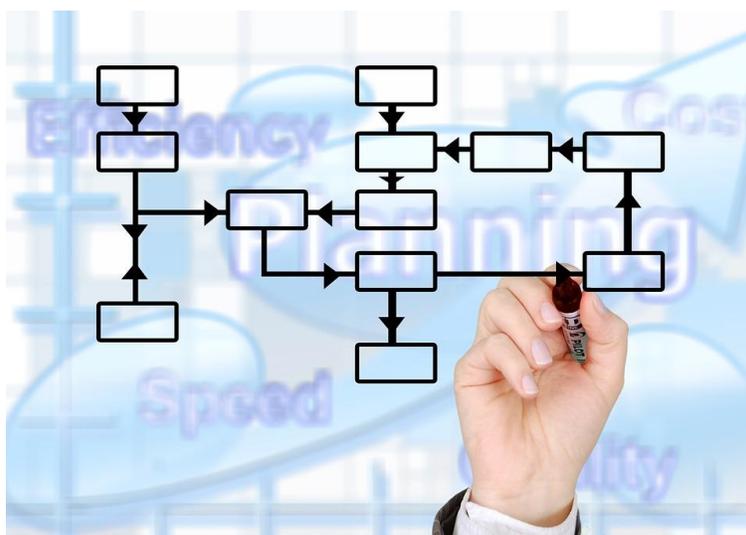


Ilustración 25 Diagrama de flujo / Imagen de internet por Pixabay

• INFORME A3.

La elaboración semanal aplicando el informe A3, permite transmitir información que pueden condicionar la toma de decisiones frente a diversos problemas del proyecto. Se nombra A3 por el uso del tipo de formato que se usa, es decir, es prácticamente el tamaño del papel, su manejo es un poco limitado por lo que la información debe de ser breve y concisa. Este tipo de informes obliga a los gerentes, residentes o encargados a seguir una disciplina concreta con la que se abordaran los diferentes problemas de manera eficaz.

La mejor forma de llenarlo, es dividiendo en varios cuadros que deben de ser llenados en un orden de trabajo, de la siguiente manera:

Informe A3

1	5
2	
3	6
4	7

Ilustración 26 Formato de informe A3 / Imagen de internet

Cada cuadro se llena con la siguiente información:

1. Definición del problema de forma clara y concisa, si es posible con datos cuantitativos para visualizar mejor la magnitud del problema.
2. Situación actual, descripción exacta del proceso, utilizando información real, se puede utilizar herramientas alternas como uso de diagramas, etc.
3. Análisis de las causas, se puede usar gráficos para el análisis y conclusiones.
4. Situación objetiva, igual que en las causas, se puede representar gráficamente el estado ideal.
5. Plan de acción, una vez definido el problema, las causas y el objetivo, ahora sí se puede definir las acciones a aplicar, fechas, como, que, etc...

6. Seguimiento, este formato también sirve para dar una continuidad a lo que se está haciendo.
7. Resultados, con el cierre de este informe se debe de mostrar los logros obtenidos y hacer un análisis de que salió mal para mejorar en el siguiente informe.

Recomendaciones de uso:

- El informe se deberá de realizar al inicio de cada problemática, situación, etapa, etc
 - Respetar los espacios para encajar la información, si no hay espacio suficiente es preferible dejar lo más importante primero.
 - Tener bien identificado el problema, aquí es recomendable que participen las partes involucradas.
 - Identificar previamente las causas antes de definir el objetivo, para así poder proponer soluciones eficientes.
- **LAST PLANNER SYSTEM.**

Originalmente fue desarrollado por Ballard y Howell, fundadores del **Lean Construction Institute**²², este sistema es un control que mejora potencialmente el cumplimiento de actividades y el óptimo uso de los recursos de los proyectos de construcción. Hoy en día esta herramienta es utilizada por diferentes constructoras del mundo.

Según Alan Mosmman, Last Planner System²³ es un sistema para la gestión colaborativa de la red de relaciones y conversaciones requeridas para la coordinación de la programación, producción, planificación y ejecución de los proyectos.

²² **Lean Construction Institute**, es una organización sin fines de lucro que opera como catalizador para transformar la industria a través de la entrega de proyectos Lean, utilizando un método de gestión uniforme centrado en un lenguaje común, principios fundamentales y prácticas básicas, de acuerdo a la información obtenida en la página “lcimexico.org”

²³ **Last Planner System (LSP)**, en español significa Sistema del ultimo planificador.

Su principal propósito es llevar un control adecuado del programa de la construcción, elaborar planes de trabajo activos y eficientes. Las personas que llevan a cabo este proceso se ven obligadas a transmitir la información a los trabajadores de campo, así como asignar el trabajo a cada uno de ellos.

Una de las características de esta herramienta, es que la planeación se ve limitada a corto plazo para garantizar que los trabajos planeados sean cumplidos correctamente. Por lo regular cuando se hace una programación bastante extendida, tiende a perderse un poco el horizonte del proyecto, efectivamente sabe para estimar un panorama sobre la conclusión de cada una de las etapas, incluso del proyecto, pero es indispensable darle una continuidad a cada proceso y establecer de todo ese panorama de meta, sub-metas.

Otra característica es que se requiere de un buen conocimiento sobre los procesos, para analizar todas las posibles restricciones, riesgos o incluso oportunidades de mejora en cada proyecto.

- **HERRAMIENTAS DE PRODUCTIVIDAD.**

No hay que dejar de lado la parte humana en nuestras labores, además de la parte técnica existen otros programas que facilitan el mejoramiento de la productividad de un proyecto.

Por ejemplo, los **PMP (Project Management Professional)**²⁴, estos son programas estructurados que mejoran la productividad de cualquier proyecto, obra, negocio, etc.

Prácticamente se basa en un mejoramiento de los sistemas de información y retroalimentación, optimización en el suministro de los recursos como en los procesos constructivos.

Para esto es necesario llevar a cabo siete actividades:

- A) Actividades motivacionales, estas se pueden dar de parte del líder del proyecto hacia los residentes encargados reconociendo su trabajo y esfuerzo, o incluso puede ser viceversa también.
- B) Actividades de capacitación, esta parte es muy importante porque mantiene en constante retroalimentación a los encargados de cada área, esto puede estimular su motivación personal.

²⁴ **Project Management Professional (PMP)**, en español significa profesional en la gestión de proyectos.

- C) Programas de personal, en algunos proyectos ya se utiliza también los cursos en línea para terminar la secundaria, preparatoria o incluso tomar algún oficio que certifique a los trabajadores, esto incentiva mucho al trabajador a seguir creciendo profesionalmente.
- D) Mejoramiento de métodos de trabajo, escuchar también la voz de la experiencia en este caso de los trabajadores y analizar la viabilidad para mejorar los procesos constructivos.
- E) Reducción de esperas.
- F) Evaluación y retroalimentación, reconocer lo que está bien aplicado o no, actuar de manera responsable y asumir la consecuencia de cada decisión tomada.
- G) Compromiso gerencial, comunicación constante del líder hacia su equipo de trabajo.

Para aplicar todo eso, se debe de hacer previamente un plan de diagnóstico en base a las siguientes herramientas:

- Observación directa
- Análisis de costos
- Información de rendimientos
- Encuestas a los obreros
- Análisis de los procesos constructivos y programas de obra.
- Evitar trabajos recechos, inefectivos, movimientos innecesarios, actividades paradas por dependencia de otras, etc.

Posteriormente se aplica la elaboración e implementación del programa, considerando el siguiente orden:

1. Se desarrolla la estructura
2. Se elabora un presupuesto de los recursos requeridos (tiempo, material, mano de obra)
3. Se hace una mesa redonda para analizar el programa.
4. Se demuestra a los participantes que el programa es físicamente posible por ejecutar.
5. Se explica a cada uno de los encargados los beneficios en general.

6. Se implementa el programa al proyecto de construcción.

Una vez teniendo el programa, se debe de dar un seguimiento y control aplicando técnicas sencillas como el uso de encuestas a los trabajadores, observación de rendimientos, etc...

- **MAPAS CADENA DE VALOR (VSM)**

Los mapas cadena de valor son conocidas también como graficas del flujo de valor VSM (**Value Stram Map**)²⁵, es una forma de representar gráficamente los procesos constructivos necesarios para la transformación de materias primas en productos concluidos, nos ayuda a indicar que cantidad se debe de suministrar en cada etapa o procesos, cuando debe de solicitarse previamente para su suministro a los proveedores externos, esta es una herramienta más de planeación y control de la obra que facilita la administración de la misma para mantenerse en mejora continua.

Esta herramienta esta estratégicamente dividida en 4 diferentes grupos:

- Administrativo
- Diseño
- Trabajo en obra
- Aprovisionamiento

Para poder realizar estos mapas, se requiere seccionar los procesos o etapas, es muy complicado visualizar todo el proyecto debido a sus diversas actividades que derivan de él, para ello es necesario llevar un registro sobre:

- a) Tipo de maquinaria o equipo a utilizar
- b) Espacios para cada actividad o proceso.
- c) Disponibilidad del recurso.
- d) Conocer la demanda del proveedor y la cuantificación general de los materiales.
- e) Cercanía del proveedor a la obra
- f) Tiempos de ciclo en cada proceso o actividad.
- g) Rendimientos del personal

²⁵ **Value Stram Map** es una herramienta que se representa a través de diagramas esquemáticos de dibujos y datos que se utiliza para visualizar, analizar y mejorar los procesos.

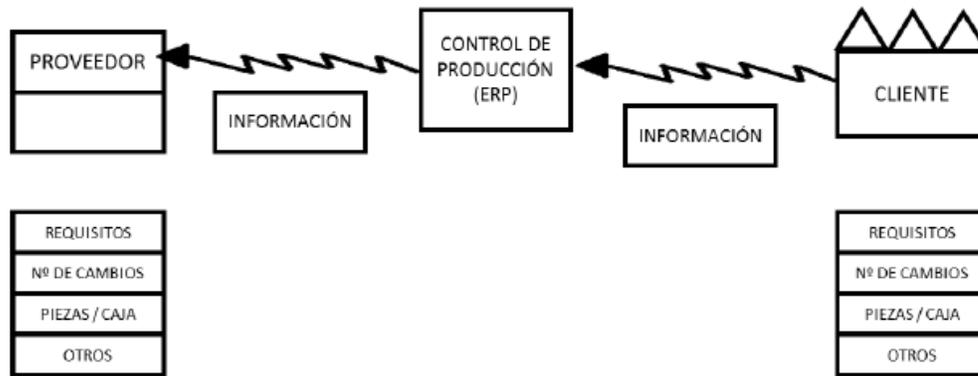


Ilustración 27 Mapas Cadena de Valor / Imagen de internet por leanmanufacturing10

- **SEIS SIGMA**

Esta metodología de tipo mundial fue iniciada por Motorola en 1986 aproximadamente, con el objetivo de mejorar su producto de forma más eficiente, rápida y baja en costo. Se aplica para reducir los costos de una mala calidad, desperdicios, re-trabajos, stock, etc.

Lo que busca principalmente es reducir los tiempos de respuesta a las peticiones de los clientes (o en este caso de los proveedores del proyecto), mejorar la productividad, acortar los periodos de los procesos constructivos.

Como se muestra en la siguiente ilustración:



Ilustración 28 Metodología Seis sigma / Imagen de internet

Estas metodologías buscan la mejora continua dentro de los procesos constructivos de cualquier proyecto de construcción, aunque actualmente no es muy utilizada, puede ser una opción viable para lograr metas de mejorar.

METODOLOGIA 8D

Esta metodología sistemática, sirve para identificar, corregir y mitigar problemas que se presenten en los diferentes proyectos de construcción. El 8D significa las disciplinas de las cuales se basa, como:

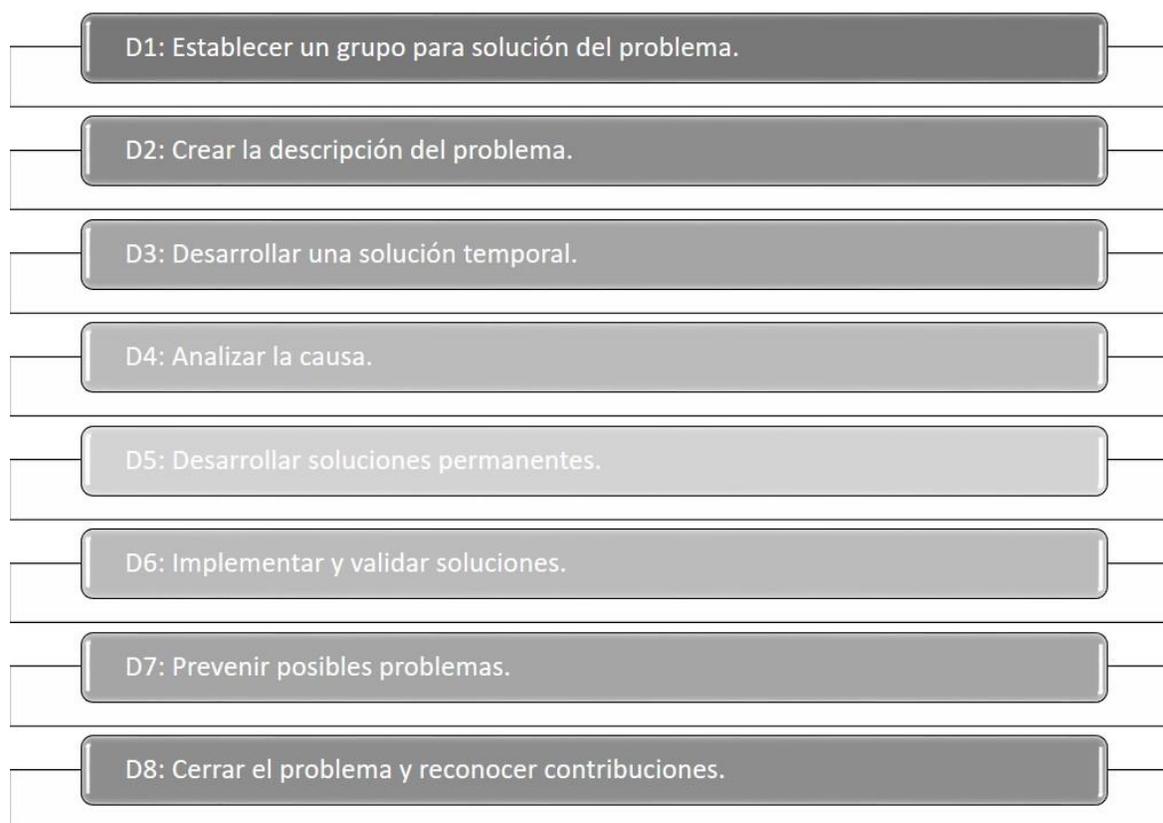


Ilustración 29 Metodología 8D / Ilustración propia.

Esta herramienta sirve para la mejora continua de cualquier producto, servicio o incluso proyecto de construcción, siempre y cuando sea bien planteada, se conozca el problema de origen, las causas, definir claramente el objetivo y sobre todo darle un seguimiento de control.



CAPÍTULO 4: LA INDUSTRIALIZACIÓN PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR

- 4.1 ¿QUÉ ES EL CONCRETO CELULAR?
 - 4.1.1 ANTECEDENTES DEL CONCRETO CELULAR.
 - 4.1.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO CELULAR.
 - 4.1.3 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS.
- 4.2 PANELES DE CONCRETO CELULAR COMO RECURSO EN EL SECTOR EDIFICACIÓN.
 - 4.2.1 PRESENTACIONES DE LOS PANELES DE CONCRETO CELULAR.
- 4.3 MÉTODOS DE FABRICACIÓN.
- 4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS.
- 4.5 PROCESO CONSTRUCTIVO.
 - 4.5.1 ALMACENAJE Y TRANSPORTE.
 - 4.5.2 MONTAJE Y COLOCACIÓN DE LOS PANELES DE CONCRETO CELULAR.

CAPÍTULO 4: LA INDUSTRIALIZACIÓN PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR

4.1 ¿QUÉ ES EL CONCRETO CELULAR?

El **ACI**²⁶ 523.2R-2 define el concreto celular como “Un producto ligero que consisten en cemento portland y/o cal con material fino silíceo, tal como arena, escoria o ceniza volante, mezclado con agua para formar una pasta que tiene vacíos homogéneos o una estructura celular. La estructura celular se alcanza esencialmente por la inclusión de vacíos macroscópicos como resultado de una reacción química que libera gas o de la incorporación mecánica de aire o de otros gases (se emplea por lo general curado en autoclave). También es conocido como concreto aireado “aired concrete”, concreto gas o concreto espuma.

4.1.1 ANTECEDENTES DEL CONCRETO

El término concreto es originario del latín: concretus, que significa “crecer unidos” o “unir”. Investigaciones y descubrimientos a lo largo de miles de años, nos conducen a principios del siglo antepasado, cuando se patento una mezcla de caliza dura, molida y calcinada con arcilla al agregar agua, en Inglaterra, esto producía una pasta que se calcinaba, molía y batía produciendo un polvo fino llamado Cemento tipo Portland, del cual resultaba el concreto.

El concreto es actualmente uno de los materiales más usados en la industria de la construcción, los concretos convencionales tienen una densidad o peso volumétrico alrededor de 2350 kg/m³, lo cual indica que es muy pesado.

En Europa se desarrolló en el año de 1929 el concreto celular con la finalidad de ser un concreto ligero, actualmente sus ventajas técnicas facilitan su instalación, aplicación y fabricación a costos accesibles, se identificó con una densidad no mayor a 1,800 kg/m³ y actualmente se ha convertido en un nicho importante en la industria de la construcción a nivel mundial.

A principios de los años 60, en la industria de la construcción se presentó la necesidad de buscar productos ligeros y aislantes térmicos para su uso en losas, techos, paredes, etc. En algunos países europeos tales como Austria y Alemania, se comenzó con la fabricación de concretos celulares a base de adición de espumas, actualmente estos se pueden emplear en prefabricados o colados en sitio.

²⁶ **ACI American Concrete Institute**, en español significa Instituto Americano del Concreto, es una organización de los Estados Unidos de América que desarrolla estándares, normas y recomendaciones técnicas con referencia al hormigón reforzado, también conocido como concreto, fundada en Farmington Hills, Michigan en el año de 1904.

4.1.2 PROPIEDADES DEL CONCRETO CELULAR

El concreto celular, además de ser ligero, reducir cargas y ser accesible en costos, se puede producir en paneles o bloques. En México podría ser considerado como un material innovador, pero en realidad es un material ya aplicado en otros países, tiene diversas propiedades importantes que lo hacen entrar a la competencia para abrir nuevas oportunidades en la construcción.

A continuación, se describen las propiedades más relevantes del concreto celular:

1. Resistente al fuego: asegura que, ante un indicio de fuego, la propagación y rapidez sea limitada para dar tiempo suficiente para que las personas puedan evacuar el área y hace que el uso del extintor sea eficiente para evitar daños irreparables generando una barrera de propagación del fuego.
2. Aislamiento térmico: es considerado el coeficiente de resistencia a la transmisión de calor, su valor relativo alto de aislamiento térmico se hace mayor o menor en razón inversa a la densidad del material. La conductividad térmica está relacionada con la densidad aparente, es decir las oquedades llenas de aire generan un concreto poroso resultando de esto la conductividad térmica de la estructura de silicatos más la del aire contenido entre ellos. Esto permite reducir los gastos de calefacción del 20 al 30% aproximadamente, evita temperaturas altas en verano y la pérdida de calor en invierno favoreciendo la creación de un microclima.
3. Aislamiento acústico: da un efecto de colchón de absorción del sonido debido la distribución de vacíos y construcción de huecos grandes, garantiza aislar las frecuencias altas y bajas. “La efectividad de los muros sólidos para reducir el sonido transmitido es proporcional al peso del muro, es decir entre más liviano sea un muro más propiedad acústica proporciona.”
4. Absorción: debido a que el concreto celular es un material poroso, tiene mayor absorción que los concretos ordinarios, normalmente cuando está expuesto a la intemperie no se usan capas protectoras adecuadas. En el caso de muros más gruesos con espesores de 18 cm presentan grados limitados de absorción e impiden filtraciones fuertes debido a los espacios de aire, el **IMCYC**²⁷ aconseja el uso de aditivos especiales hidrófugo para este material con el fin de lograr una capa silicona protectora y evitar filtraciones en prefabricados expuestos a la intemperie.

²⁷ IMCYC Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, es una asociación no lucrativa dedicada a la investigación, enseñanza y difusión de las técnicas de aplicación del cemento y del concreto.

5. **Velocidad de construcción:** la ligereza del concreto celular para el manejo de los paneles prefabricados en muro o losa y el tamaño de los bloques de mampostería, facilita las maniobras, colocación y montaje incrementando los rendimientos del proceso constructivo a comparación de un método convencional. Por otra parte, si esto fuera colado en sitio, debido a la ausencia de agregado grueso y los efectos que produce la espuma proporciona buena consistencia y evita la necesidad de vibrar después del vaciado, ya que este se distribuye de manera uniforme llenando todos los espacios y agilizando la velocidad de construcción.
6. **Durabilidad:** tiene la capacidad de resistir los efectos de los agentes del medio en el que se rodea, como los ataques químicos, esfuerzos físicos y acometidas mecánicas. El concreto celular al ser más poroso es más vulnerable que un concreto convencional, es por eso que se limita a usarse por debajo del nivel natural del terreno al menos de que se usen aditivos especiales. El ataque químico del aire no es tan significativo, pero puede protegerse por medio de aplanados para evitar también la presencia de humedad. Por otro lado, los esfuerzos ocasionados debido a la contracción del concreto por secado o movimientos térmicos no ocasionan agrietamiento en el concreto celular, debido a la cantidad de agua que posee y en su fraguado es manejado el calor de hidratación. Los daños mecánicos pueden originar la abrasión o impactos, proveniente de una carga excesiva de flexión, el uso de fibras de polipropileno reduce este efecto, las varillas deben ser cubiertas con algún material anticorrosivo.

Si se llevan a cabo medidas de protección al usar este concreto celular, puede ser igual de durable que un concreto convencional.
7. **Versatilidad:** se puede producir en diferentes formas y dimensiones gracias a su facilidad de elaboración para cualquier tipo de construcción.
8. **Reducción de peso:** al aplicar el sistema de concreto celular en las estructuras, debido a su ligero peso, las cargas se convierten más livianas siendo de gran relevancia su uso en zonas sísmicas, esta ligereza en las cargas genera la reducción del acero de refuerzo en elementos estructurales y cimentación, minimizando costos para las construcciones. Su baja densidad, determina el peso del material y por lo tanto su manejabilidad en transporte, acarreo, organización y colocación de paneles determina el tiempo de ejecución en las obras resultando viable.

4.1.3 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS

El concreto celular también es conocido como concreto aireado, está compuesto de arena silica muy fina y lavada, cal, yeso, agua, cemento y un poco de polvo de aluminio; se crea incluyendo micro burbujas a la mezcla de los materiales compuestos por medio de un agente químico espumador o utilizando aire comprimido. La cantidad de aire que puede ser incluido en este tipo de concretos varía entre 20% y 50% y pueden llegar hasta el 80% para concretos destinados al aislamiento térmico.

Los materiales utilizados para fabricar este tipo de concreto es básicamente el mismo que se aplica en concretos tradicionales, excepto los agentes químicos que producen las células de aire y arena silica fina.

El ACI 523.2R-2 hace referencia a las siguientes **normas ASTM²⁸** para el uso de agregados, como:

- Arena o agregado fino ASTM – C33 Y C144.
- Ceniza volante ASTM C 618
- Cemento hidráulico ASTM C150 Y C595
- Cal ASTM C911
- Agentes espumantes para concreto celular ASTM C796 Y C869.

La diferencia entre ambos es su densidad y se puede dividir en tres grupos:

- Mezclas de cemento puro con espuma, produce morteros livianos entre 300 kg/m³ hasta 600 kg/m³.
- Mezclas con agregados finos de menos de 2 mm, van desde los 600 kg/m³ hasta los 800 kg/m³.
- Concreto celular o liviano con agregado grueso, arriba de 800 kg/m³.

²⁸ ASTM – American Society of Testing Materials, que significa Asociación Americana de Ensayo de Materiales, es una asociación fundada en 1898, se encarga de establecer y difundir normas relativas a las características de materiales, productos, sistemas y servicios de construcción.

Algunas de las características del concreto celular, son:

- Bombeable y autonivelante por su consistencia fluida.
- Resistente y ligero.
- Versátil en diferentes presentaciones y usos.
- Compatible con recubrimientos o pigmentos.
- Incombustible y no degradable.

4.2 PANELES DE CONCRETO CELULAR COMO RECURSO EN EL SECTOR EDIFICACION.

La industria de la construcción en México demanda el uso de tecnologías más competentes e innovadoras para el crecimiento de grandes proyectos de edificación buscando constantemente la mejora continua en relación a tecnologías convencionales.

El uso de paneles de concreto celular en nuestro país es un sistema novedoso en los últimos 5 años, mientras que en otros países la implementación de esta tecnología ya tiene tiempo en el sector.

El sistema de construcción modular con productos de concreto celular, permite la facilidad en el manejo, colocación y rapidez en los procesos constructivos por medio de paneles de piso, paneles de pared, paneles de techo, paneles divisorios e incluso paneles de revestimiento como fachaletas, blocks y otros materiales ajustados a satisfacer las necesidades de cada proyecto debido a su versatilidad del material.

Es importante destacar que en América latina la primera y más grande planta de concreto celular la construyó la empresa Aircrete, situada en Tezontepec Hidalgo cerca de la CDMX arrancando en noviembre del 2015, se convirtió en el fabricante líder de paneles y blocks bajo la marca Celucreto. Actualmente en Monterrey hay otra planta de la empresa “Dura concretos” siendo en México las dos empresas más fuertes en materia de concreto celular.

El uso de estos paneles es la solución para construir rápido, económico y sostenible, permiten ventajas sobre tecnologías convencionales debido a las propiedades que tiene este material como las que se mencionaron en el capítulo anterior, es aplicable para construcciones de edificación, comercial e industrial.

4.2.1 PRESENTACIONES DE LOS PANELES DE CONCRETO CELULAR

El concreto celular se fabrica en diferentes presentaciones, a continuación, se citan las más convencionales, su uso y características:

- Blocks normales:

Se utilizan como alternativa a la construcción de mampostería de ladrillo, puede funcionar como muros estructurales de fachada o divisorios en conjunto con el uso de castillos y cerramientos para brindar el refuerzo que requiere cada proyecto.

Varián según su densidad y están producidos con arena silica o cenizas como materia prima, tienen un alto nivel de precisión dimensional y es fácil de colocar.

Las dimensiones se dividen en tres:

- Block interno: 60 cm largo x 20 cm alto x 10,12.5 cm de ancho.
- block externo: 60 cm largo x 20 cm alto x 15,17.5 cm de ancho.
- block con asas, lengua y ranuras: 60 cm largo x 20 cm alto x 20 cm de ancho.

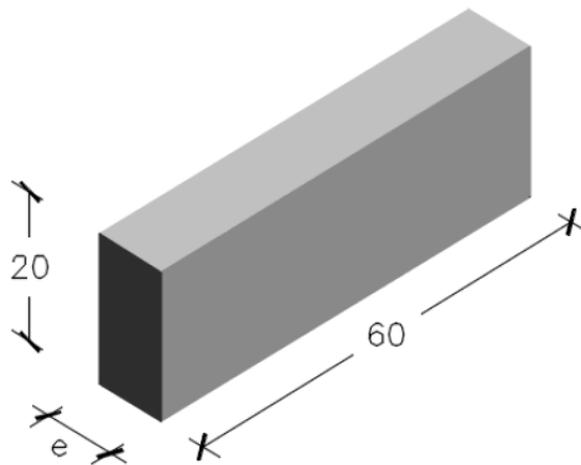


Ilustración 30 Block normal de Concreto Celular / Imagen de las fichas técnicas AICRET SMKT

LA INDUSTRIALIZACIÓN PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR

- Block – U:

Se utiliza en sustitución a las cadenas de desplante, intermedias o de cerramiento por su estructura en “U” para construcción de mampostería, reforzada con acero de refuerzo vertical u horizontal en conjunto con castillos para dar estabilidad a los muros según cada proyecto.

Sus dimensiones se pueden fabricar según las necesidades del proyecto donde se van a aplicar, las más convencionales son 60x20x10 cm.

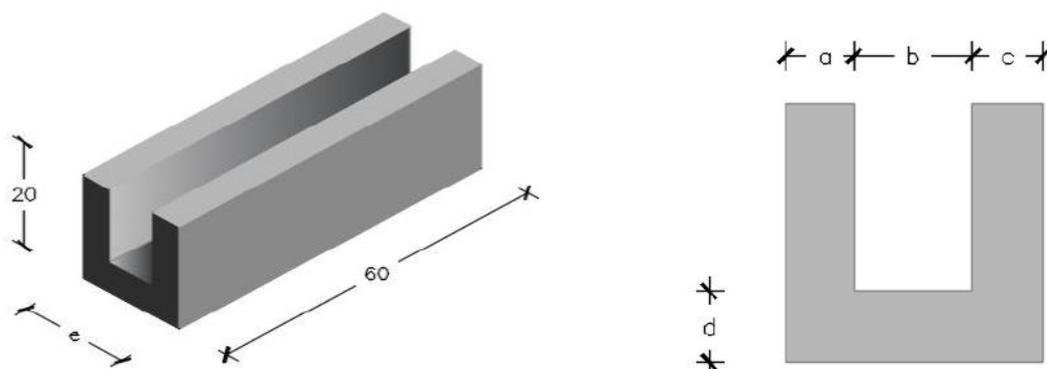


Ilustración 31 Block en “U” de Concreto Celular / Imagen de las fichas técnicas AICRET SMKT

- Block – redondo “o”:

Se fabrican en diferentes formas y tamaños dependiendo el proyecto, tienen una amplia flexibilidad y libertad en el diseño de interiores y es una gran alternativa en la sustitución de mampostería de ladrillo.

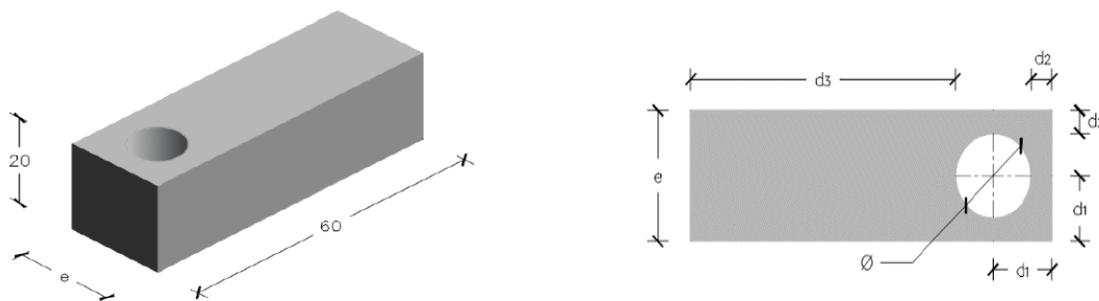


Ilustración 32 Block redondo “O” de Concreto Celular / Imagen de las fichas técnicas AICRET SMKT

- Paneles de revestimiento:

Están diseñados para colocarse en fachadas de cualquier edificio, es extremadamente ligero y delgado, su espesor puede variar entre los 35 – 60 cm, la longitud máxima es de 2m con una altura de 60 cm, se puede fabricar según las características de cada proyecto tanto en diseño como en dimensiones, tiene una capa de aislamiento térmico adicional y su colocación va directa sobre la estructura de concreto/acero.

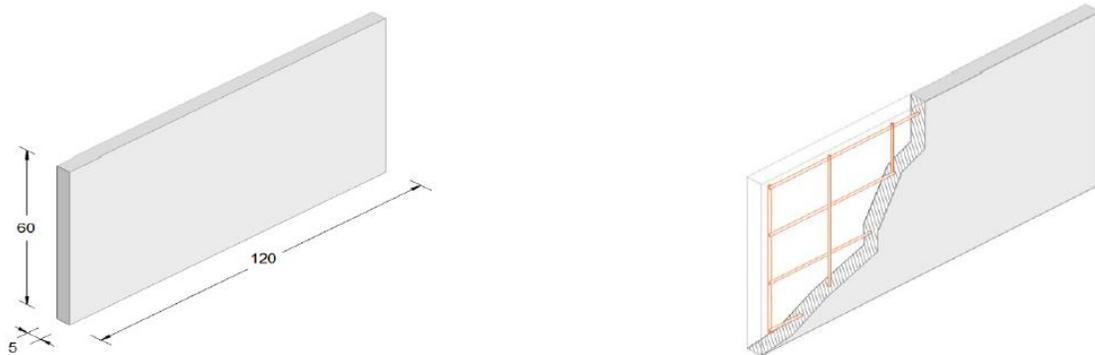


Ilustración 33 Paneles de Revestimiento de Concreto Celular / Imagen de las fichas técnicas AICRET SMKT

- Paneles divisorios:

Son una solución constructiva que puede sustituir el uso de muros de tablaroca, están diseñados como muros de separación internos, ya sea en pasillo, bodegas, recamaras, o cualquier uso residencial; sus dimensiones se adaptan a cada proyecto, la longitud estándar varía entre 2 – 4 mts. y espesores entre 7 - 15 cm.

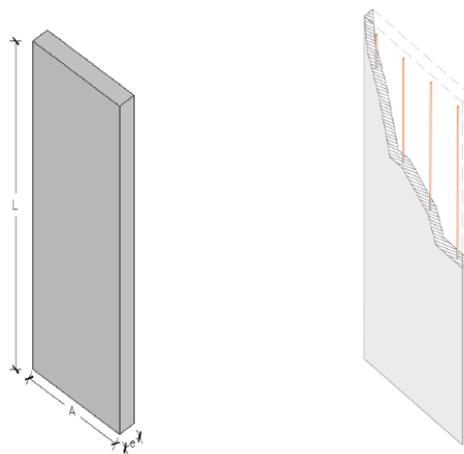


Ilustración 34 Paneles divisorios de Concreto Celular / Imagen de las fichas técnicas AICRET SMKT

Debido a su superficie lisa, resulta eficiente y económico aplicar papel tapiz o pintura después de ensamblar los paneles y resanar las juntas, es fácil de barrenar, cortar o lavar, su instalación es súper rápida y tiene propiedades acústicas o térmicas que disminuyen los costos en relación a la aplicación de otros métodos convencionales, es práctico de revisar y si fuera el caso de solucionar los problemas por diseño.

- Paneles para piso y techo:

Estos productos de carga son reforzados con dos parrillas de acero electrosoldado para uso en la edificación y vivienda, su longitud estándar es de 4 a 6 metros, espesores hasta de 30 cm, cuentan con bordes laterales perfilados personalizados para su ensamble y son fáciles de transportar, montar y colocar.

Se adaptan según las necesidades de cada proyecto, funcione similar al sistema de vigueta-bovedilla, pero es colocado sobre estructuras metálicas, cuentan con un modelo hembra – macho para que las piezas se ensamblen entre si y mantengan una unión entre paneles.

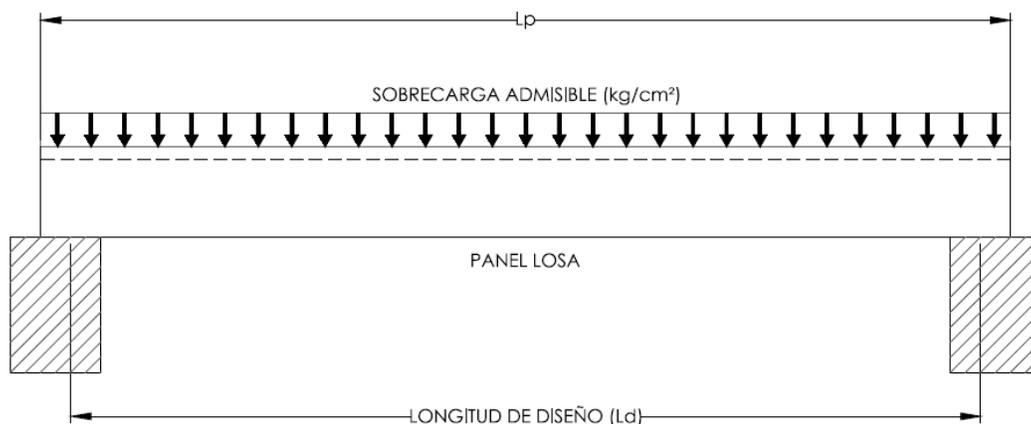


Ilustración 35 Esfuerzos sobre losas prefabricadas / Imagen de las fichas técnicas AICRET SMKT

4.3 MÉTODO DE FABRICACIÓN

El concreto celular tiene diferentes métodos de fabricación por medio de la introducción de un elemento químico que produce la espuma cuando se mezcla con una lechada compuesta por cemento portland y la arena silica, formando una vez endurecido la estructura con poros.

Uno de ellos y el que normalmente se utiliza en las plantas que están en México es por medio del polvo de aluminio, a continuación, se describe de manera muy general y breve el proceso al que es sometida la fabricación del concreto celular.

Para esto, quiero agradecer a la empresa Aircrete por el recorrido que me brindaron en su planta para poder conocer el proceso de fabricación de estos paneles, cabe mencionar que la información utilizada es únicamente con fines educativos, sin lucro.

Ahora sí, lo primero es la arena silica, está proviene de un banco de materiales, antes de llegar a la planta pasa por un proceso donde se lava y se selecciona el material más fino.



Ilustración 36 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AICRET SMKT

LA INDUSTRIALIZACIÓN PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR

Cuando se comienza la fabricación de los paneles de concreto celular pasa primero por un molino.



Ilustración 37 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AICRET SMKT

De este molino entra a unas mezcladoras enormes con las que entra en contacto con cemento, agua, yeso y cal.



Ilustración 38 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AICRET SMKT

LA INDUSTRIALIZACIÓN PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR

Antes de vaciar en los moldes, se vierte el polvo de aluminio reaccionando con el hidróxido de cal libre del cemento durante el fraguado y genera hidrogeno en forma de burbujas, generando una inflación en la mezcla como si fuera un pastel.



Ilustración 39 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AICRET SMKT

La rapidez e intensidad de la reacción depende del tipo y cantidad de aluminio que se agrega a la mezcla, así como de la temperatura, misma que se va elevando conforme transcurre el proceso de fabricación.



Ilustración 40 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AICRET SMKT

LA INDUSTRIALIZACIÓN PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR

Posteriormente pasa a unas bandas en donde por medio de alambres, se corta el molde en las secciones requeridas según el lote de fabricación.



Ilustración 41 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AICRET SMKT

Para pasarlo al final al proceso del curado por vapor mediante enormes hornos.

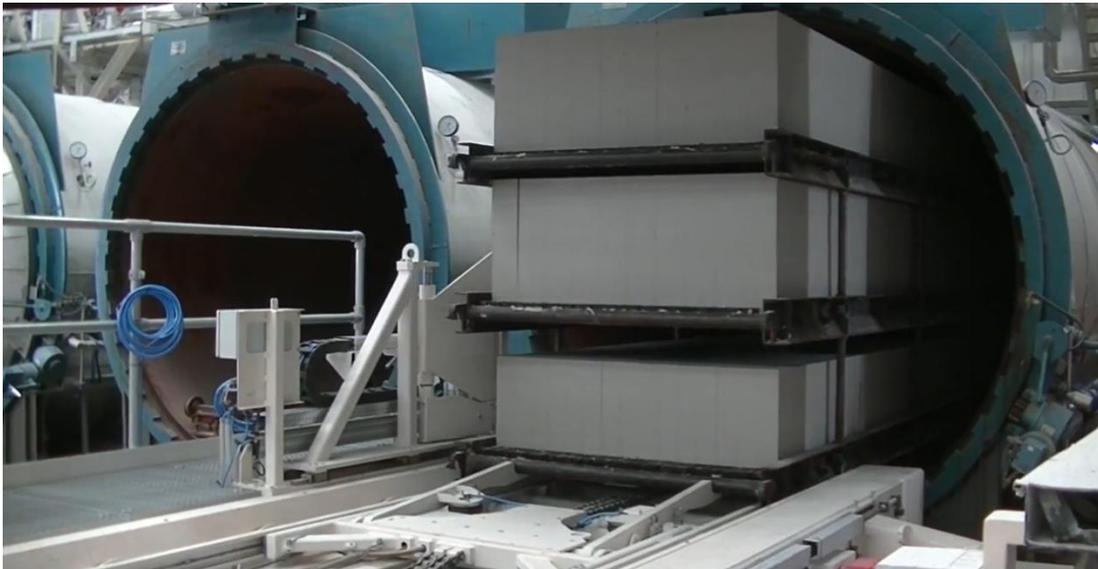


Ilustración 42 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AICRET SMKT

Hasta que se entariman para ser enviados a su lugar de destino.

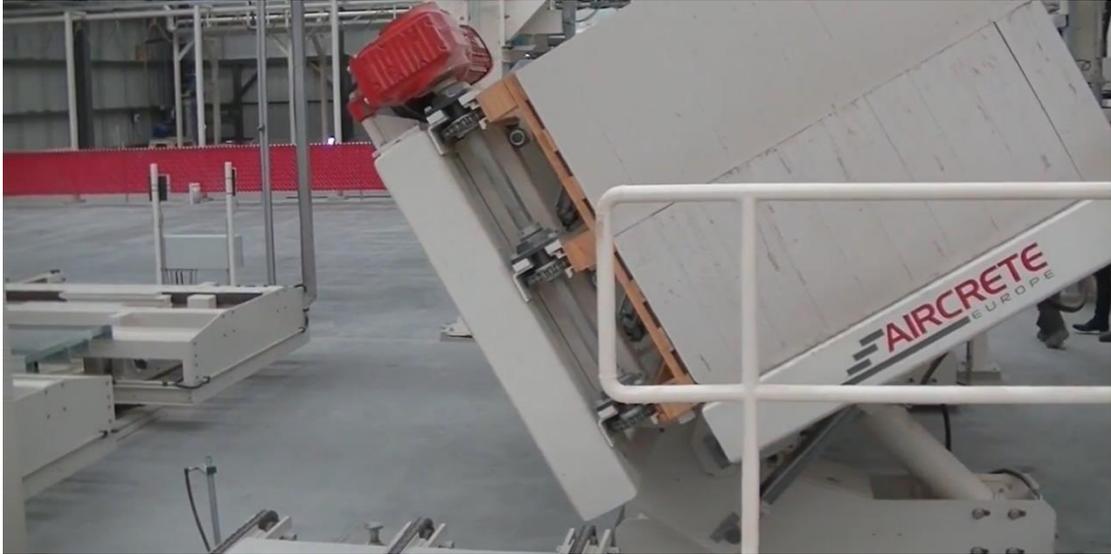


Ilustración 43 Fotografía de la planta de prefabricados de concreto celular/ Imagen de AIRCRET SMKT

4.4 VENTAJAS Y DESVENTAJAS

El uso de paneles en la construcción es un sistema que tiene sus ventajas y desventajas como cualquier material, a continuación, se presentan las más relevantes:

VENTAJAS

- Es aplicable para cualquier tipo de proyecto de edificación o vivienda, incluso para uso industrial.
- Se puede aplicar en zonas con actividad sísmica y con diferentes condiciones climáticas.
- La vulnerabilidad del material permite elaborar paneles con diferentes secciones, dimensiones y/o ajustes adaptándose a cualquier proyecto, lo que resulta una reducción en costos por minimizar desperdicios.
- Las superficies lisas de los paneles garantizan para ser pintados o tapizados sin necesidad de usar otros recubrimientos, esto genera una disminución en tiempos de construcción y costo por concepto de acabados.
- El peso ligero del material permite una reducción de cargas al proyecto y un fácil manejo de transporte, colocación o montaje durante el proceso de construcción.

- Sus propiedades térmicas, acústicas, contra fuego y algunas otras mencionadas anteriormente, permiten reducir costos extras por estos conceptos y mejoran la homogeneidad del edificio dentro de los espacios.
- Es un material de construcción ecológico prefabricado con materiales naturales de la región, su producción y composición permiten que después de cumplir su ciclo de vida pueda ser reciclado.

DESVENTAJAS

- En caso de requerir dimensiones especiales para el proyecto, la entrega del material en obra demora más que si fueran piezas estándar.
- En zonas altamente sísmicas, se recomienda únicamente usar paneles divisorios y no en fachadas.
- En caso de usar el sistema de paneles en zonas con climas húmedos, es recomendable colocar un recubrimiento extra.

4.5 PROCESO CONSTRUCTIVO

4.5.1 ALMACENAJE Y TRANSPORTE

Todos los paneles y/o blocks se entregan en obra montada sobre un pallet, recubierta con una protección de plástico para evitar la humedad en el material, cada uno está identificado con sus especificaciones del empaque.

Para el manejo y almacenamiento se recomienda lo siguiente:

- Para descargar es necesario el uso de grúa o montacargas.
- Se debe almacenar en lugares cerca al área de instalación.
- Es mejor no almacenar al centro del claro de las losas de entre piso, es mejor apoyarlos sobre elementos de carga.
- Se debe de proteger el material con plástico de la lluvia y mantener libre de residuos.
- Se debe considerar el tiempo de producción de los paneles especiales para el suministro en la obra.
- Verificar las especificaciones requeridas con las fichas que vienen en los empaques que llegan a obra.

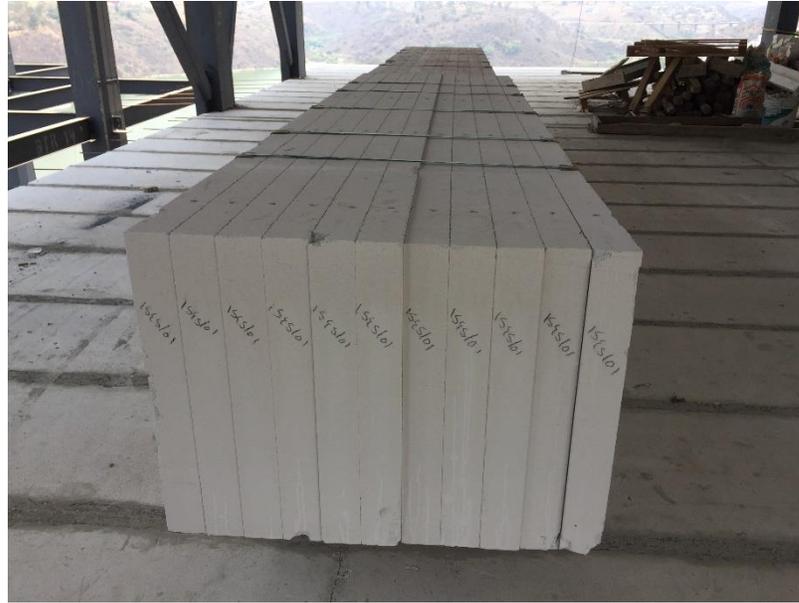


Ilustración 44 Fotografía de los paneles prefabricados almacenados/ Ilustración propia, tomada en obra.

4.5.2 MONTAJE Y COLOCACIÓN DE LOS PANELES DE CONCRETO CELULAR

El siguiente método de montaje y colocación fue descrito por el constructor de la obra en base a las fichas técnicas de la empresa que suministra los prefabricados.

- Blocks
 1. Cimiento y superficie de desplante, se revisa el alineamiento y nivel del desplante, la ubicación de los castillos de refuerzo y se verifican las salidas de instalaciones requeridas en cada proyecto.
 2. En caso de ser necesario, se debe considerar en zonas húmedas el uso de impermeabilizantes.
 3. Después de tener listas las actividades preliminares, se procede a colocar la primera línea de block, no es necesario colocar cadenas de desplante, únicamente debe estar limpia el área y húmeda.
 4. Se prepara el adhesivo con el que se va a colocar, dosificando con agua limpia
 5. Se prepara un mortero con cemento y arena a una proporción de 1:4.

6. Utilizando el mortero cemento arena, se coloca una capa de 2 cm sobre el nivel más alto del desplante con el apoyo del hilo reventón de guía para dar nivel y mantener el plomo.
7. Se coloca el primer block sobre el mortero cemento arena, agregando adhesivo en el área de contacto.
8. Se debe estar verificando constantemente la correcta nivelación y plomo de las hiladas, así como cerrar las juntas verticales con un mazo para garantizar la verticalidad del muro.
9. Cada hilada debe ir traslapada entre las boquillas verticales y mantener limpio el trabajo retirando los excedentes de adhesivo.
10. Es necesario colocar conectores en “L” en caso de formar T entre muros o ser interrumpidos por elementos estructurales de otro tipo.
11. Para la colocación de instalaciones se pueden ranurar directamente en el panel con cuidado.
12. Para dar un acabado final bueno, se recomienda resanar los daños, despostilladuras o golpes con adhesivo cuando los blocks ya estén secos.
13. Se puede aplicar cualquier tipo de acabado final, tomando en cuenta algunas recomendaciones según el proveedor.



Ilustración 45 Fotografía de los blocks prefabricados/ Ilustración propia, tomada en obra.

- Panel divisorio
 1. Se trazan primero las ubicaciones donde se colocarán los paneles respecto al proyecto, puede ser con ayuda del topógrafo o herramienta básica (tiralíneas, flexómetro y escuadras)
 2. Se prepara el mortero de adhesivo vertiendo con agua.
 3. Se acerca el material a la zona de instalación siempre buscando que quede el panel horizontal sobre polines.
 4. Se clavan dos bloques de goma en los extremos del panel.
 5. Se coloca el primer panel iniciando de un elemento ya existente, puede ser estructural, así que se colocara a 1cm del elemento inicial para dejar una junta de dilatación.
 6. Se debe mantener nivelado el panel, aunque el piso no lo esté por medio de cuñas de madera.
 7. Se nivela, escuadra y plomea el panel cuando ya esté en la posición correcta y se fija mediante un anclaje en “L”.
 8. Se coloca el siguiente panel aplicando el adhesivo en el panel instalado anteriormente y así sucesivamente con los demás paneles, buscando la alineación entre ellos.
 9. Si el panel en el extremo de la pared no es pieza completa se deberá cortar a la medida de cierre con una cortadora.
 10. Se debe comprobar las escuadras, ángulos y verticalidad de los muros.
 11. Eliminar el residuo de pegamento entre paneles.
 12. Llenar las juntas de dilatación y espacio entre el techo y los paneles con espuma de poliuretano.
 13. Se utilizan dinteles para conformar las ventanas o puertas.
 14. Las instalaciones se pueden colocar ranurando cuidadosamente el panel y al final resanar con adhesivo.
 15. Se puede aplicar cualquier tipo de acabado final siguiendo las recomendaciones.



Ilustración 46 Fotografía de los muros prefabricados/ Ilustración propia, tomada en obra.

- Panel de losa y techo.
 1. Se traza la distribución de los paneles sobre la losa.
 2. Se identifican las piezas a instalar de acuerdo a los planos de taller o despiece para montar en la numeración diseñada.
 3. Se acercan los materiales a la zona de colocación.
 4. Se colocan los paneles buscando que ensamble el lado hembra con el lado macho del siguiente panel para hacer una conexión entre ellos.
 5. Si los paneles quedan ligeramente despegados, se deberá juntar y alinear de forma manual mediante una barra hasta dejar una junta cerrada.
 6. En el caso de estructuras metálicas, se sueldan a las vigas anillos mismos donde atraviesan barras de acero #3 en ambos sentidos formando un tipo malla, para posteriormente cerrarlas con mortero.
 7. En el caso de los anillos perimetrales se requieren 2 varillas a lo largo con un separador en diagonal para el armado.
 8. Se puede utilizar gravilla en la mezcla del cemento arena con un tamaño máximo de 10 mm, antes de colocar se debe humedecer bien el área.



CAPÍTULO 5: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME

- 5.1 CASO DE IMPLEMENTACIÓN: “SAN MIGUEL KRISTAL TOWERS”.
- 5.2 FASES DE IMPLEMENTACIÓN – METODOLOGÍA SEIS SIGMA.
 - 5.2.1 ORGANIZACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.
 - 5.2.2 CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.
 - 5.2.3 EVALUACIÓN EX ANTE DEL PLAN DE TRABAJO.
- 5.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.
 - 5.3.1 REDEFINICIÓN DE OBJETIVOS.
 - 5.3.2 ALCANCES
 - 5.3.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.
 - 5.3.4 EJECUCIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.
 - 5.3.5 EVALUACIÓN EX POST DEL PLAN DE TRABAJO

CAPÍTULO 5: PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

5.1 CASO DE IMPLEMENTACIÓN “SAN MIGUEL KRISTAL TOWERS”

El proyecto “San Miguel Kristal Towers”, en donde se está aplicando la propuesta metodológica para la implementación del Just in Time en el momento de la redacción de este trabajo, tiene una peculiaridad que lo diferencia de otros proyectos de edificación más comúnmente vistos en México; esto es el uso de paneles de concreto celular en losas y muros.

Está ubicado cerca de presa Madin en cerrada del mirador # 7, predio denominado “El Paredón”, pueblo viejo Madin, Atizapán de Zaragoza, Edo. De México, el cual cuenta con una vista increíble. Inicio en el año 2016 y está programada para finalizar su construcción en diciembre del 2021, eso si las circunstancias actuales por la pandemia del **COVID 2019**²⁹ lo permite.

Está diseñado por tres torres de vivienda y cada una tiene once niveles sobre el nivel de banqueta y dos más subterráneos. Cada nivel tiene aproximadamente siete departamentos y no podían faltar las áreas de amenidades que le dan una gran plusvalía al proyecto.



Ilustración 47 Terraza de depts. Muestra del proyecto / Gerente del proyecto

“San Miguel Kristal Towers”, es un proyecto diseñado y construido únicamente por dos socios inversionistas, cabe mencionar que no cuentan con ningún tipo de financiamiento de alguna otra institución bancaria o terceros, si no que el principal ingreso proviene de las ventas de los departamentos.

²⁹ COVID 19 una enfermedad infecciosa causada por el coronavirus que brotó primero en China, llegando a México en marzo del año 2020, una pandemia que además de muertes a personas más vulnerables, trajo una baja en la economía mundial.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Por lo que toda la información e imágenes referentes al proyecto han sido proporcionadas por uno de los socios, el cual tiene una amplia experiencia en el tema de construcción en edificaciones.

El proyecto inicial estaba diseñado para construirse con una losa de cimentación y contratraves en la subestructura y en la superestructura con sistema tradicional de estructura metálica y losacero, de lo cual si se construyó así pero únicamente los niveles subterráneos (es decir los sótanos y cimentación).



Ilustración 48 / 49 Fotografías de la obra / Yessica Alvarez

Durante este proceso de construcción los residentes de obra se dieron cuenta de que este sistema les traía muchos problemas tanto económicos como en el manejo de los materiales en la obra, estos son algunos de los ejemplos:



- Elevados desperdicios de concreto premezclado derivado a las largas trayectorias en la tubería de la bomba (mayores de 150 metros)
- Dificultades de maniobras con los camiones revoladores debido a que el proyecto está sobre una colina (incluso se llegó a voltear uno durante la construcción de la etapa inicial).
- Problemas con los vecinos derivados a los ruidos y obstrucciones en el camino.
- Largas jornadas de trabajo improductivas, los días programados de colado (horas extras).

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Para poder ver datos más certeros, el Gerente del proyecto me proporcionó información original de los presupuestos, tanto de “Losacero” como de los Paneles Prefabricados; el uso de esta información es únicamente académica.

SU EMPRESA, S.A. DE C.V.	
Cliente:	
Concurso No. LICITACIÓN	Duración: 0 días naturales
Obra: PRESUPUESTO PARA SUMINISTRO Y COLOCACION DE ACERO Y CONCRETO DE LA OBRA "BOSQUE REAL TOWERS - TORRE B"	Fecha: 02/10/2019
	Inicio Obra: 14/10/2019
	Fin Obra: 28/11/2019
	DOCUMENTO
Lugar: AV. VISTA REAL 15, Ciudad de México, Ciudad de México	

PRESUPUESTO DE OBRA

Código	Concepto	Unidad	Cantidad	P. Unitario	Importe	%
B	LOSACERO					
B1	MALLA ELECTROSOLDADA					
303-EST-01-043	Suministro y colocación de malla electrosoldada	M2	1.0000	\$49.38	\$49.38	
	6x6/6-6, en estructura de losacero, incluye: suministro, acarreos, elevaciones, cortes, traslapes, desperdicios, amarres, mano de obra, equipo y herramienta.					
B1	TOTAL MALLA ELECTROSOLDADA				\$49.38	
B2	CONCRETO					
303-EST-01-144	Concreto premezclado en estructura, de F'c=250 kg/cm2, clase "A" bombeado, incluye: suministro, revenimiento, superfluidizante, colado, vibrado, mano de obra, equipo y herramienta.	M3	1.0000	\$2,745.05	\$2,745.05	
B2	TOTAL CONCRETO				\$2,745.05	
B3	APUNTALAMIENTO					
APU-01	APUNTALAMIENTO DE LOSACERO DURANTE EL COLADO DEL FIRME DE COMPRESION Y HASTA QUE EL CONCRETO ALCANCE AL MENOS EL 75% DE SU RESISTENCIA, CON PIE DERECHO Y VIGA CERRADA Y CABEZAL ESTANDAR. INCLUYE TRAZO, DESCIMBRADO, RENTA DE EQUIPOS, FLETES, ACARREOS HORIZONTALES, VERTICALES, A CUALQUIER ALTURA, MANO DE OBRA, Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	1.0000	\$156.08	\$156.08	
B3	TOTAL APUNTALAMIENTO				\$156.08	
B4	CURADO					
CUR-01	CURADO DE LOSAS Y COLUMNAS A BASE DE CURACRETO. EL PRECIO UNITARIO INCLUYE SUMINISTRO E INSTALACION DE MATERIALES Y AGUA, MANO DE OBRA, ACARREOS Y ELEVACIONES DEL MATERIAL HASTA EL SITIO DE SU COLOCACION, EQUIPO Y HERRAMIENTA DE PROTECCION PERSONAL Y TODO LO NECESARIO PARA SU CORRECTA EJECUCION.	M2	1.0000	\$6.93	\$6.93	
B4	TOTAL CURADO				\$6.93	
B	TOTAL LOSACERO				\$2,957.44	

Tabla 4 Presupuesto de obra / Información del proyecto.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

En este presupuesto se puede observar el precio unitario por m² de los postrabajos al suministro y colocación de losacero, así como de la estructura. Es decir, desde la colocación de la malla electrosoldada, hasta el curado, donde se observa que el precio unitario por m² de losa es de \$2,957.44 mx.

Si a esto le agregamos el suministro y colocación de lámina galvanizada “losacero”, de acuerdo a la secretaria de Obras y servicios de la CDMX:

ED12D	Suministro y colocación de lámina de acero galvanizado para intercalar en placas de hule sintético, incluye: los materiales, la mano de obra, la herramienta y el equipo necesario.		
ED12DB	Suministro, habilitado y colocación de lámina de acero galvanizado calibre No. 16 para intercalar a placas de hule sintético (no incluye el hule).	m2	559.60

Tabla 5 Conceptos de obra / secretaria de Obras y servicios de la CDMX.

Lo cual significa que el precio unitario por m² del sistema tradicional “Losacero”, en promedio esta en **\$3,517.04 mx.**

Sin embargo, **\$4,606.00 mx** es el precio unitario del más grande panel prefabricado de concreto celular que existe en el proyecto, con dimensiones de 2.610 x 0.600 x 0.125 metros, abarcando un área promedio de 1.56m², lo que equivale a que el precio de cada metro cuadrado es de **\$2,941.25 mx.**

Eso sin considerar aún los costos por el montaje completo de los paneles prefabricados. (En el capítulo 4 se describe brevemente el proceso constructivo). Sumando esto, el precio unitario por m² con este sistema de estructura “Paneles prefabricados de concreto celular en losas”, **superaríamos el precio unitario del sistema tradicional**, sin embargo, los beneficios son mayores.

En este caso el mayor impacto económico se va directamente a los costos indirectos, pues utilizar los paneles de concreto celular beneficia en que:

1. Se estandarizan los procesos.
2. Se planea y programa el suministro de materiales.
3. Se ahorra en desperdicios.
4. Se ahorra en mano de obra y tiempos extras.
5. Se mitigan los problemas sociales.
6. Los tiempos de ejecución son más rápidos con los paneles de concreto celular.

5.2 FASES DE IMPLEMENTACIÓN – METODOLÓGIA SEIS SIGMA

En este capítulo se desarrolla paso a paso las fases necesarias de una propuesta metodológica para implementar la filosofía Just in Time como referencia en el proyecto de edificación “San Miguel Kristal Towers” donde usan el sistema de paneles prefabricados con concreto celular, cabe mencionar que algunos apartados se han modificado para proteger los derechos de autor y la identidad de los participantes.

Según la prestigiosa **revista inglesa The Economist**³⁰, la idea Just in Time (JIT) marcó un nuevo concepto en el proceso de fabricación cuando fue desarrollada por primera vez en Japón, en la década de los años 1970. Esta revista recuerda también que el JIT es una filosofía y un sistema integrado de gestión de producción que se desarrolló lentamente a través de un proceso de ensayo y error en un lapso de más de 15 años “No había ningún plan maestro o modelo a seguir”.

Partiendo de esta filosofía, las fases de la propuesta metodológica para la implementación del Just in Time son las siguientes:



Ilustración 50 Fases de la propuesta metodológica para la imp. del Just in Time / Ilustración propia

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Para la implementación de esta propuesta metodológica, es necesaria la participación de todos los integrantes interesados durante las actividades a desarrollar en la ejecución del proyecto, para mitigar riesgos, fallas u otros incidentes posteriores.

La metodología Seis Sigma, es una de las herramientas más usadas para la mejora continua, su principal objetivo es hacer una autoevaluación de la situación actual del proyecto, destacando los puntos más relevantes a tratar y las áreas de oportunidad en las que se puede mejorar.

Las fases de mi propuesta metodológica para implementar el Just in Time, se adecuan a esta metodología seis sigma, de la siguiente manera:

	DEFINIR	Es el proceso donde se define el problema o defecto y es validado por los participantes del proyecto. - FASE I: Organización del grupo de trabajo.
	MEDIR	Cuando ya está definido el problema, se debe de entender cómo funciona y analizar las causas reales que lo generan. - FASE II: Capacitación del personal. - FASE III: Evaluación del Ex Ante plan de adopción.
	ANALIZAR	
	MEJORAR	Se determinan las mejoras procurando considerar todos los recursos. - FASE IV: Planeación y programación del plan de adopción - FASE V: Ejecución del plan de adopción.
	CONTROLAR	Se hace una evaluación del proceso, analizar los resultados e implementar acciones de mejora continua, así como documentar el plan de trabajo. - FASE VI: Evaluación Ex Post del plan de adopción.

Tabla 6 Fases de la propuesta metodológica aplicando la metodología seis sigma / Ilustración propia

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

La metodología que se propone para adoptar la implementación JIT, consiste en estas seis fases, donde cada fase se desglosa de la siguiente manera:

➤ **FASE 1 Organización del grupo de trabajo**

Es indispensable reunir a todo el equipo de trabajo involucrado en la obra como el gerente del proyecto, gerente de obra, residentes, área administrativa de compras y de estimaciones o un representante de las áreas interesadas.

➤ **FASE 2 Capacitación del personal**

Una vez reunido el equipo se transmite el conocimiento e información a todos los integrantes de la organización para conocer los beneficios de esta metodología y su funcionamiento, debe de abarcar conceptos básicos, costos, inventarios, tiempos y productividad, entre otros que se consideren importantes.

➤ **FASE 3 Evaluación Ex ante del plan de trabajo**

Se elabora un diagnóstico de la situación general del proyecto para evaluar cómo está la organización con respecto al conocimiento sobre la filosofía del JIT y así poder determinar si es o no factible la propuesta para implementar esta metodología, se puede apoyar de herramientas heurísticas como el análisis FODA.

Una vez que se evalúa el diagnóstico y se toma la decisión de continuar con la propuesta metodológica, se analizan las principales problemáticas presentadas en el proyecto con datos determinados a través de la observación de los procesos constructivos, rendimientos, suministros, formatos de control o información general que pueda aportar la residencia de obra; esto nos servirá para determinar las causas y posteriormente para establecer los objetivos estratégicos de mejora.

➤ **FASE 4 Planeación y programación del plan de trabajo**

En esta fase se organizan las actividades de capacitación del personal para la adopción de la metodología Just in Time, primero se debe de elaborar un plan de trabajo detallado señalando los temas, alcances y fechas en los que se llevará a cabo este proceso.

En las mismas sesiones, se irá capacitando al personal encargado para generar la planeación y programación sobre las actividades o procesos constructivos a desempeñar en la obra, basada en la metodología JIT.

➤ **FASE 5 Ejecución del plan de trabajo**

En esta fase comienza la aplicación de implementación de la metodología JIT con cursos de capacitación al personal, uso de nuevos softwares, planes de trabajo, logísticas, estrategias, etc.

➤ **FASE 6 Evaluación ex post del plan de trabajo**

Se hace el diagnostico posterior a la ejecución del plan de adopción de la metodología JIT, evaluando la productividad de los procesos constructivos, el crecimiento profesional del personal, entre otras cosas, identificando las áreas de mejora que aún hay por trabajar y comienza de nuevo el ciclo.

5.2.1 FASE I: ORGANIZACIÓN DEL GRUPO DE TRABAJO.

En esta primera fase de la metodología, se reúnen las personas principalmente interesadas, que tienen la disposición para la experimentación y cambio de paradigmas en el uso de su método tradicional, donde se presenta la propuesta metodológica para implementar el Just in Time, desarrollada en esta investigación.

Y para entender el panorama general de la obra, se realiza una primera entrevista a la gerencia, con la cual se pretende obtener los primeros datos referentes a la ejecución del proyecto y su actual gestión de los recursos (más adelante se ira desglosando a detalle la información obtenida para la aplicación de algunas herramientas).

A continuación, se presenta un resumen de las preguntas que se realizaron para obtener información general del proyecto y que servirán como base para continuar con la propuesta.

1. ¿Cuántos proyectos tienen con este sistema de prefabricados de concreto celular?

R= Actualmente 2 proyectos (tiempo en el que se está realizando la presente investigación)

2. ¿Cómo es la logística de entrega de los paneles

R= El proveedor hace un despiece con los planos originales de las secciones de los paneles, se elabora un programa en coordinación con el proyecto, cada semana el residente actualiza el levantamiento de la obra para programar el material y enviar la información al proveedor para elaborar el pedido, se hacen los tramites de compra y se espera a que llegue el material.

3. ¿Cuánto tiempo tardan en suministrar los paneles?

R= Entre 4 a 6 semanas.

4. ¿Qué impacto tiene si el material no llega en las fechas programadas?

R= Genera atrasos en obra y pérdidas económicas.

5. ¿Cómo se maneja el personal del proyecto?

R= Se subcontrata la instalación y montaje de paneles, las cuadrillas están conformadas por 4 personas más el operador de la grúa y personal de seguridad.

6. ¿Cuántos m² instalan una cuadrilla al día?

R= Entre 200 a 220m².

7. ¿Cómo manejan su inventario o stock?

R= El residente va haciendo actualización en los levantamientos, pero realmente no hay una programación o estimación de los rendimientos.

8. ¿Qué herramientas usan para llevar el control del suministro e instalación?

R= Únicamente levantamientos en obra.

9. ¿Qué esperas al implementar la metodología JIT?

R= Llevar una adecuada gestión de los recursos, reducir los tiempos y sobre todo los costos del proyecto.

Con esta pequeña entrevista, se buscó conocer más detalles del proyecto para identificar de manera muy general si la propuesta metodológica de implementación del JIT se podría aplicar en este proyecto.

Una vez presentado brevemente el tema de investigación y dada la autorización de continuar con la propuesta metodológica de implementación, se recomienda crear un comité conformado por todo el equipo de trabajo involucrado, encabezado por un líder y apoyado por los residentes/supervisores de obra, este comité se encarga de integrar al equipo, organizar las reuniones e ir llevando un control sobre las implementaciones que se están haciendo al proyecto en conjunto con la Ing. Yessica Alvarez (autora de la presente investigación).

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

En este proceso participativo se busca desarrollar un conjunto de objetivos estratégicos y planes de acción que se pueden poner en práctica durante la ejecución de la metodología, pero sobre todo identificar los alcances o responsabilidades de cada integrante del proyecto.

Los roles organizativos de cada integrante del comité, durante el plan de adopción son:

Tabla 7 Roles organizativos del comité / Ilustración propia

Disciplinas	Responsabilidad en el Plan de Adopción (Personal de la obra)	Responsabilidad en el Plan de Adopción (Ing. Yessica Alvarez)
Gerente de la obra	Es el líder encargado de convocar a las reuniones para el plan de adopción, dirigir y coordinar a los integrantes del comité, así como transmitir la información a los directores del proyecto sobre los avances obtenidos con la aplicación de la propuesta metodología.	Coordinar con el gerente de obra las estrategias que se van a ejecutar durante el plan de adopción, así como compartir los resultados obtenidos durante este proceso.
Supervisor de obra	Es el encargado de supervisar la calidad de los trabajos ejecutados, así como llevar el seguimiento y control de la planeación y/o programación del plan de trabajo.	Coordinar con el supervisor de la obra el cumplimiento del planificador y guiarlo para el control de los procesos constructivos.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

<p>Residentes de obra</p>	<p>Son los ingenieros encargados de dirigir la ejecución de la obra conforme a los planos y especificaciones técnicas establecidas en el proyecto, así como verificar el cumplimiento de la programación del plan de adopción, informes de resultados o avances físicos, llevar el control de inventario de los recursos, controlar los rendimientos de la mano de obra e informar semanalmente al comité los resultados obtenidos.</p>	<p>Coordinar con los residentes de obra, los datos obtenidos semanalmente, registrar los avances y analizar las estrategias del plan de adopción para identificar los puntos positivos y/o negativos de la propuesta metodológica para implementar el just in time en el proyecto.</p> <p>Proponer alternativas de mejora continua y seleccionar las actividades que si están funcionando en el proceso.</p>
<p>Contratista</p>	<p>Es la persona encargada de coordinar al personal obrero a cumplir con los objetivos del plan de adopción, transmitir la información obtenida durante la capacitación e informar cualquier problema, dato o contenido de valor que sume al plan de adopción.</p>	<p>Asesorar al contratista ante cualquier duda o problemática que se le presente, así como brindar apoyo para promover actividades que incentiven al personal de campo para mejorar el rendimiento de la mano de obra, así como reconocer su trabajo y esfuerzo.</p>

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Para esto, Porter y Kramer señalan que se puede crear valor compartido a través de tres estrategias clave:

1. Reconceptualización de productos o servicios.
2. Redefinir cadenas de valor
3. Fortalecer **clusters**³¹ locales.

Estas estrategias se pueden lograr mejor si los proyectos buscan incidir de forma significativa en la innovación y productividad en los procesos, es importante animar al personal de la organización a comprometerse en identificar las áreas de oportunidad de mejora, así como cumplir con sus responsabilidades durante el plan de adopción; esta fase será el primer acercamiento a la filosofía JIT.

5.2.2 FASE 2: CAPACITACIÓN DEL PERSONAL.

En esta fase de la metodología, se busca conocer primero que conocimientos tiene el personal del proyecto sobre esta filosofía, ¿para qué es?, ¿qué beneficios tiene?, ¿cómo se puede aplicar?, ¿Qué se necesita?, etc.

Para entender más a fondo el panorama de la obra, se realiza una primera entrevista a los residentes de obra, supervisores, contratistas e incluso personal de campo, con los cuales se pretende obtener los primeros datos referentes al proceso constructivo y su metodología previamente definida en la administración.

❖ Ficha técnica de la encuesta:

Fecha de inicio	20 de septiembre del 2020
Fecha de fin	23 de septiembre del 2020
Total de días	3 días
Medio de difusión	Físico
Cantidad de encuestados	10
Número de preguntas	15

Tabla 8 Ficha técnica de la encuesta “Capacitación del personal”

³¹ **CLUSTERS**, son un grupo de empresas e instituciones interrelacionadas, concentradas geográficamente, que compiten en un mismo negocio, de acuerdo a la IDEPA.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

❖ Lista de preguntas:

PREGUNTAS	RESPUESTAS
1. ¿Anteriormente ya había trabajado con sistemas de paneles prefabricados de concreto celular?	a) Si b) No c) Solo lo había visto / escuchado.
2. ¿Entre que rango de edad se encuentra?	a) Menor a 20 años b) 21 años a 35 años c) 36 años a 50 años d) Mayor a 51 años
3. ¿Cuál es su grado académico?	a) Licenciatura b) Maestría c) Doctorado d) Otro
4. ¿Cuál es su profesión u oficio?	a) Ingeniero Civil b) Arquitecto c) Otro
5. ¿Cuántos años tiene de experiencia laboral?	a) Menos de 2 años b) Entre 3 y 10 años c) Más de 10 años
6. ¿Cuál es su cargo en el proyecto?	a) Gerente b) Supervisor c) Residente de obra d) Contratista e) Otro
7. En este proyecto ¿existe alguna metodología que apliquen en la administración?	a) Si b) No
8. ¿Cuál de estas herramientas ha aplicado en el proyecto?	a) Metodología Seis Sigma b) Planificador Last Planner c) Herramientas heurísticas (Diagrama Causa-Efecto, FODA, etc) d) Ninguna

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

9. ¿Conoce el programa de la obra?	a) Si b) No
10. ¿Tiene identificadas las actividades que generan más valor del proyecto?	a) Si b) No
11. ¿Lleva un reporte de control de las actividades que supervisa?	a) Si b) No
12. ¿En la obra hay un control de inventario?	a) Si b) No
13. Cuando se presenta un problema en la obra, por lo regular usted...	a) Aviso directamente al jefe directo b) Trato de solucionarlo y no le digo a nadie c) Lo soluciono y paso el reporte d) No hago nada
14. ¿Tiene algún conocimiento sobre la filosofía JIT?	a) Si b) No
15. ¿Considera importante implementar alguna metodología para la gestión del proyecto?	a) Si b) No

Tabla 9 Preguntas de la encuesta de la Fase 2 Capacitación del personal / Fuente propia

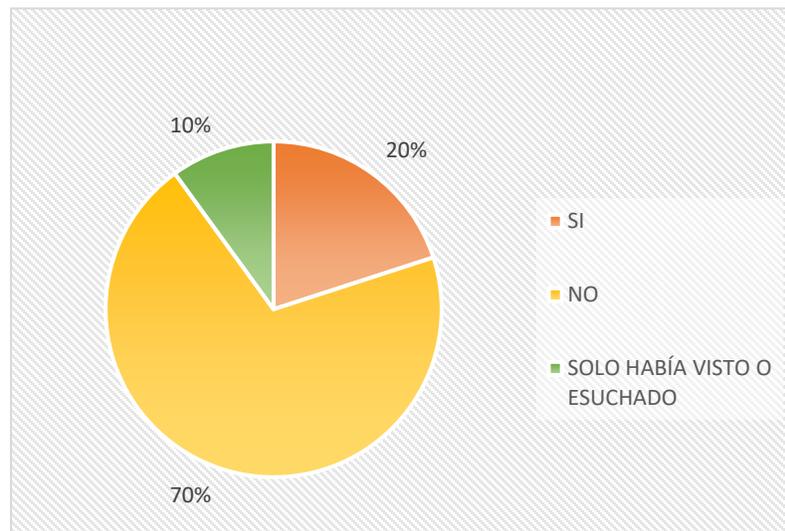
El objetivo de esta encuesta es conocer el panorama general de la obra, experiencia del personal y conocimientos administrativos que dominan.

❖ Estadísticas generales.

La encuesta se aplicó a personal administrativo, así como algunos del personal de campo (obreros), con la finalidad de ampliar el panorama general y conocer diferentes perspectivas del proyecto.

A continuación, se presentan los resultados de la encuesta “Conocimientos Generales de las herramientas para la Implementación de la metodología JIT”.

PREGUNTA 1.- ¿ANTERIORMENTE YA HABÍA TRABAJADO CON SISTEMAS DE PANELES PREFABRICADOS DE CONCRETO CELULAR?

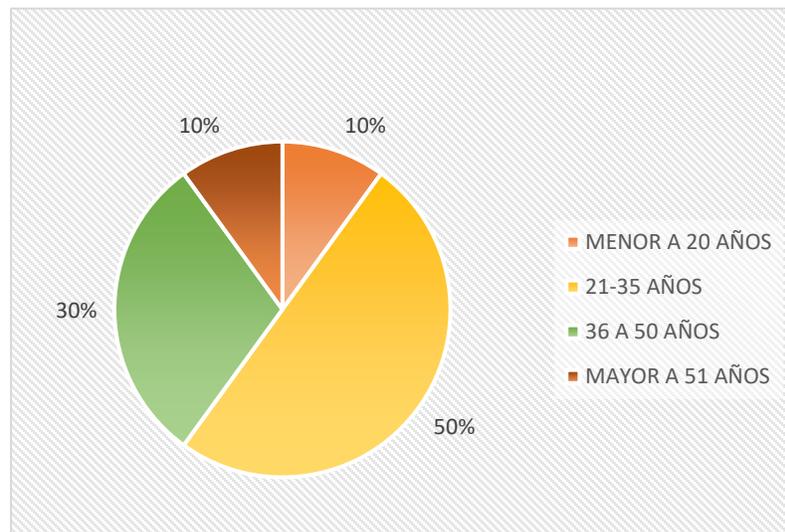


Gráfica 2 Experiencia con paneles prefabricados de concreto celular / Fuente propia

El objetivo de esta pregunta es conocer cuántas personas que están participando actualmente en el proyecto, ya tienen experiencia con el uso de los paneles prefabricados de concreto celular, para así analizar las técnicas o problemáticas que se presentaron en otros proyectos pasados.

Los resultados reflejan que la mayoría de los que están participando en la obra, no habían trabajado anteriormente este sistema de paneles prefabricados, por lo que los posibles riesgos que se puedan presentar durante la ejecución de la obra, son incógnitos y las estrategias a implementar, estarán basadas a prueba y error; es importante ir documentando todo esto como referencia para futuros proyectos.

PREGUNTA 2.- ¿ENTRE QUE RANGO DE EDAD SE ENCUENTRA?



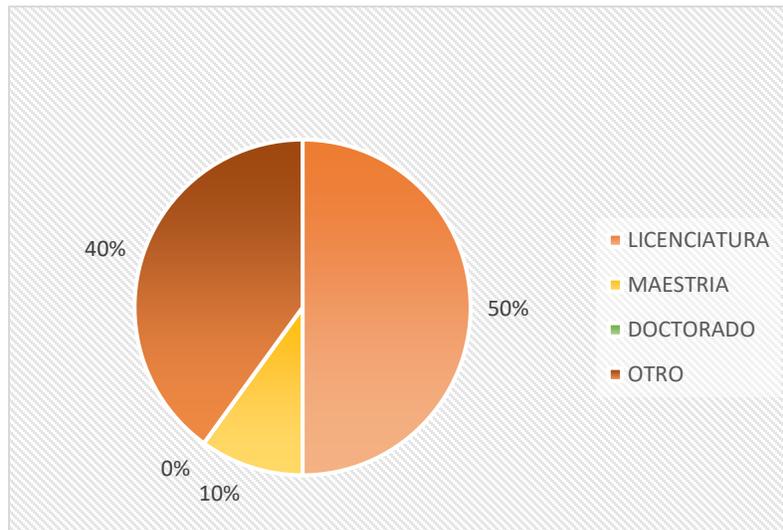
Gráfica 3 Rangos de edad en el proyecto / Fuente propia

La finalidad de esta pregunta es tener un perfil de la población en donde:

- El 50% está entre 21 a 35 años de edad
- El 10% es menor de los 20 años
- El 30% está entre los 36 a los 50 años
- El otro 10% es mayor de los 51 años.

Lo que significa que la mayoría del personal administrativo y de obra, no tiene más de 15 años de experiencia en el campo laboral.

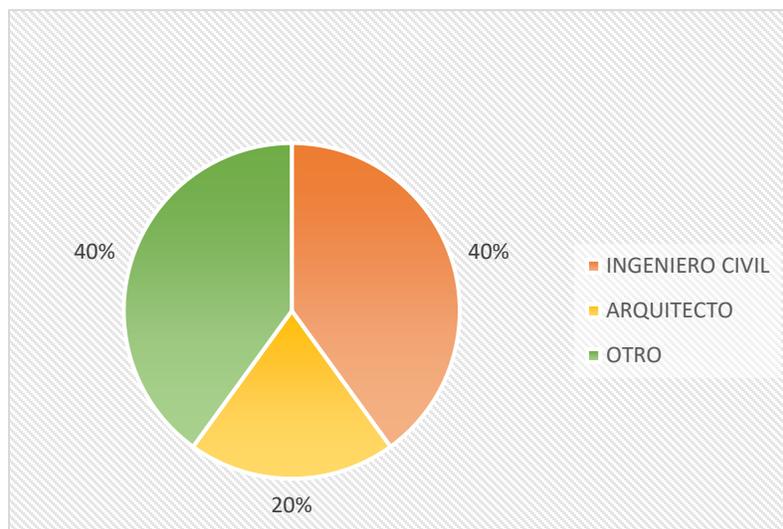
PREGUNTA 3.- ¿CUÁL ES SU GRADO ACADÉMICO?



Gráfica 4 Grado académico del personal del proyecto

Entre los encuestados el 50% argumenta haber estudiado una licenciatura, el 10% una maestría, nadie tiene doctorado y el 40% su grado académico es otro.

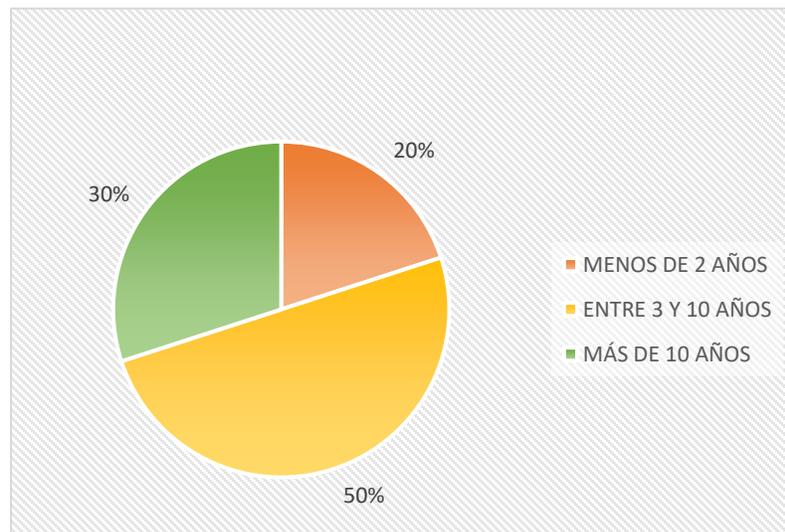
PREGUNTA 4.- ¿CUÁL ES SU PROFESIÓN U OFICIO?



Gráfica 5 Profesión u oficio del personal del proyecto / Fuente propia

El 40% de los encuestados estudiaron ingeniería civil, el 20% son arquitectos y el otro 40% tienen otra profesión u oficio.

PREGUNTA 5.- ¿CUÁNTOS AÑOS TIENE DE EXPERIENCIA LABORAL?



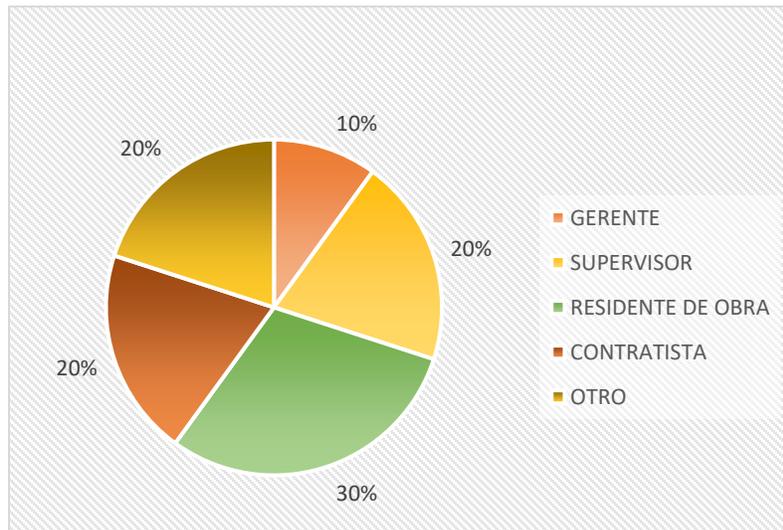
Gráfica 6 Años de experiencia laboral / Fuente propia

Con esta pregunta se puede observar que:

- El 50% de los encuestados es personal joven con menos de 10 años de experiencia.
- El otro 20% tienen menos de 2 años de experiencia
- El otro 30% ya tienen más de 10 años en el campo laboral.

Lo que se resume a que la población de las personas que están en el proyecto, ya tiene conocimientos y experiencia básica para ejecutar un proyecto de edificación.

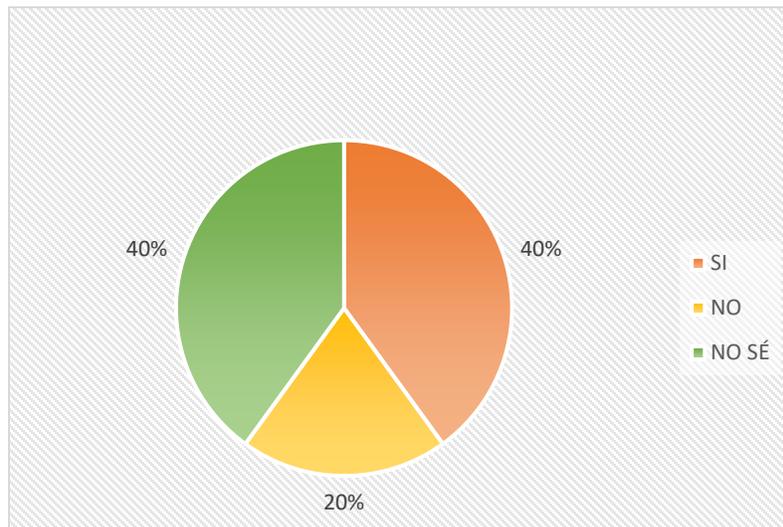
PREGUNTA 6.- ¿CUÁL ES SU CARGO EN EL PROYECTO?



Gráfica 7 Cargos del personal en el proyecto / Fuente propia

Los puestos que predominan dentro del proyecto (de acuerdo al personal seleccionado para las encuestas) son los residentes de obra con el 30%.

PREGUNTA 7.- EN ESTE PROYECTO ¿EXISTE ALGUNA METODOLOGÍA QUE APLIQUEN EN LA ADMINISTRACIÓN?



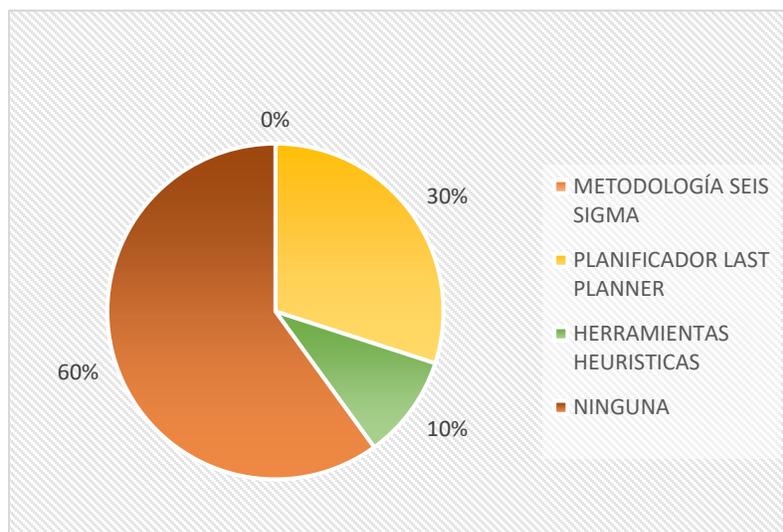
Gráfica 8 Metodologías actualmente aplicadas en el proyecto / Fuente propia

Con esta pregunta se busca demostrar como la mayoría de los entrevistados no saben o argumentan que no existe una metodología para administrar los recursos del proyecto.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Es importante que exista una capacitación en el personal sobre el programa de la obra, la secuencia de actividades, como llevar un control del inventario y sobre todo como pueden administrar mejor los tiempos para desempeñar de la mejor manera sus labores.

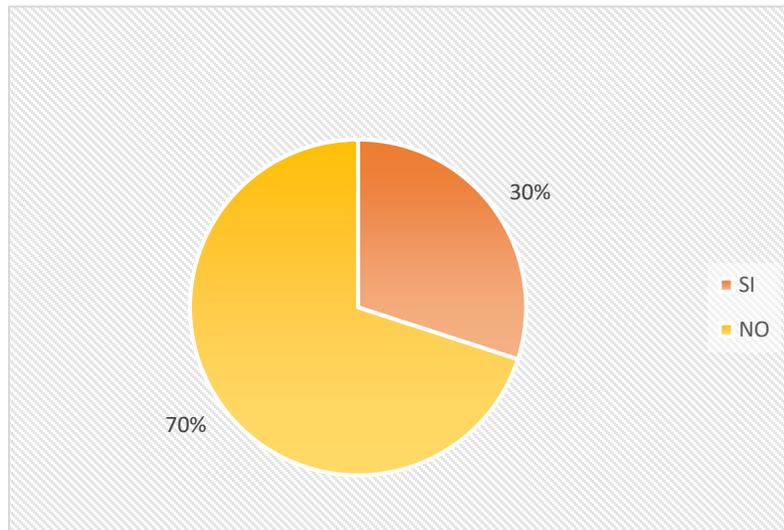
PREGUNTA 8.- ¿CUÁL DE ESTAS HERRAMIENTAS HA APLICADO EN EL PROYECTO?



Gráfica 9 Herramientas aplicadas en el proyecto / Fuente propia

Aquí se puede observar cómo predomina con el 60%, el personal que no aplica ninguna herramienta que se utiliza para implementar la metodología Just in Time.

PREGUNTA 9.- ¿CONOCE EL PROGRAMA DE LA OBRA?

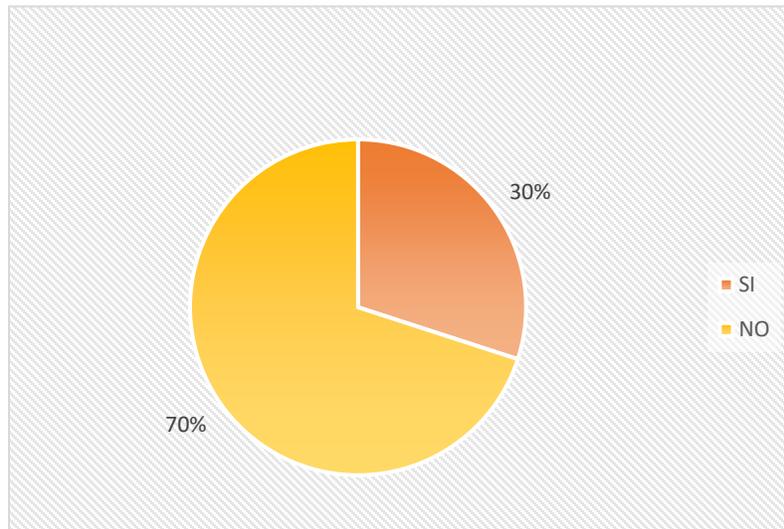


Gráfica 10 Conocimiento del programa de la obra / Fuente propia

El objetivo de esta pregunta es conocer cuántas personas saben en qué tiempo deben de acabar sus actividades, así como cada etapa de la obra y la finalización de la misma, de lo cual el 70% no conocen exactamente el programa de la obra mientras que solo el 30% sí.

Este número si es angustiante ya que no se tiene un rumbo claro del proyecto y esta es una de las principales razones por las cuales los proyectos no se culminan en tiempo y forma.

PREGUNTA 10.- ¿TIENE IDENTIFICADAS LAS ACTIVIDADES QUE GENERAN MÁS VALOR DEL PROYECTO?

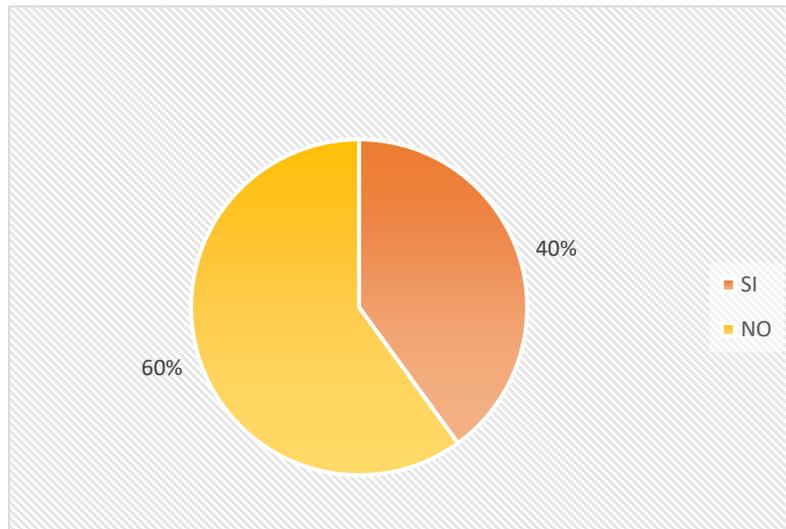


Gráfica 11 Actividades que generan valor en el proyecto / Fuente propia

Nuevamente se observa que el 70% de los encuestados no sabe cuáles son las actividades que generan más valor al proyecto y solo el 30% si lo tiene claro.

Tener identificadas estas actividades ayuda a definir prioridades durante la ejecución del proyecto, por ejemplo: el montaje de la estructura metálica es fundamental para la colocación de los paneles de concreto celular, por lo que esta actividad se vuelve de mayor valor que el junteo de las piezas prefabricadas.

PREGUNTA 11.- ¿LLEVA UN REPORTE DE CONTROL DE LAS ACTIVIDADES QUE SUPERVISA O EJECUTA?



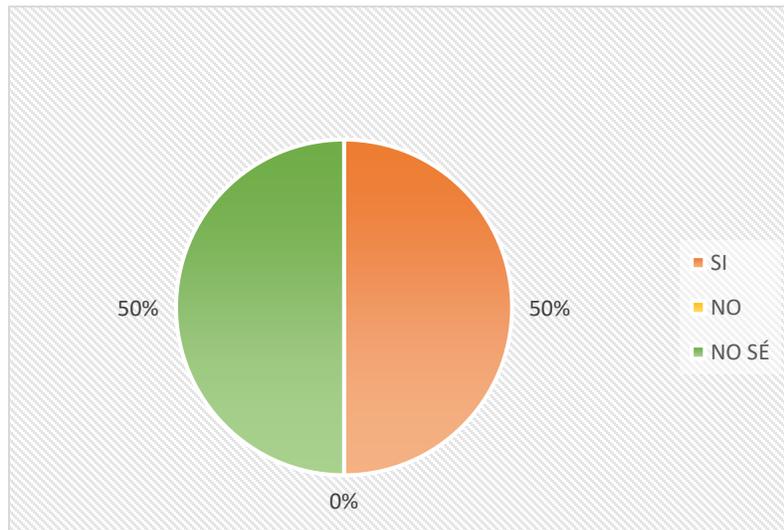
Gráfica 12 Manejo de reportes en el proyecto / Fuente propia

El 60% de los encuestados no llevan un reporte de control de lo que supervisa o lo que se ejecuta al día en la obra, es decir que sin estos datos no se puede sacar un estimado de los rendimientos de la mano de obra, así como el porcentaje de avance físico del proyecto.

Y solamente el 40% llevan actualizadas sus bitácoras de obra o control de lo que supervisa/ejecuta.

Este problema se puede presentar por falta de interés, capacitación, experiencia o comunicación; es importante el manejo de formatos universales para que todos llenen sus registros diarios y poder hacer eficiente el control de obra.

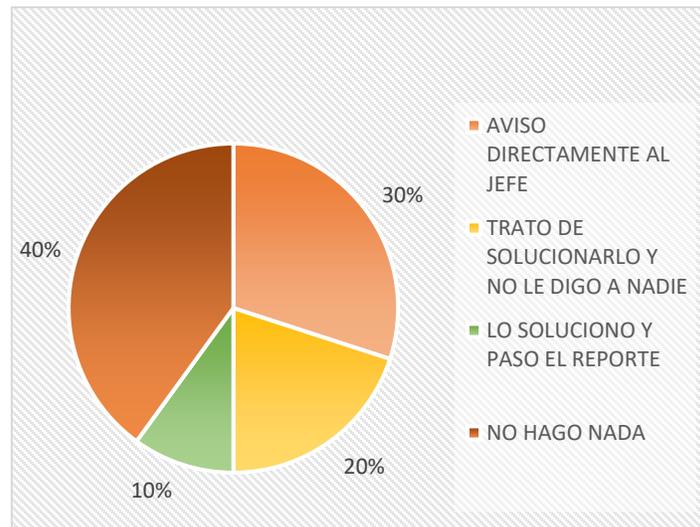
PREGUNTA 12.- ¿EN LA OBRA HAY UN CONTROL DE INVENTARIO?



Gráfica 13 ¿Existe control de inventario en el proyecto? / Fuente propia

El 50% de los encuestados no saben si hay un control de inventario y el otro 50% argumenta que si lo hay.

PREGUNTA 13.- CUANDO SE PRESENTA UN PROBLEMA EN LA OBRA, POR LO REGULAR USTED...



Gráfica 14 Acciones durante problemas en obra / Fuente propia

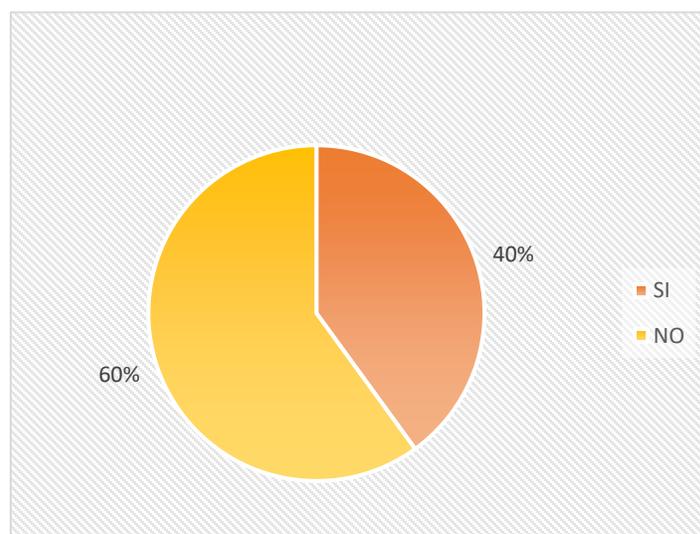
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

- El 40% de los encuestados no hace nada,
- El 10% lo soluciona y pasa el reporte
- El 20% trata de solucionarlo y no le dice a nadie
- El 30% avisa directamente al jefe.

Para esto es importante establecer criterios de soluciones sobre posibles problemáticas que se puedan presentar en la obra, hacerlas por escrito mediante un documento aprobado por el comité, y solo en caso de no saber cómo actuar se debe informar de inmediato al personal encargado.

En cualquier caso, se debe presentar el reporte en la junta más cercana de comité para analizar posibles fallas por lo cual se presentó el problema, mejoras y otros temas que se consideren.

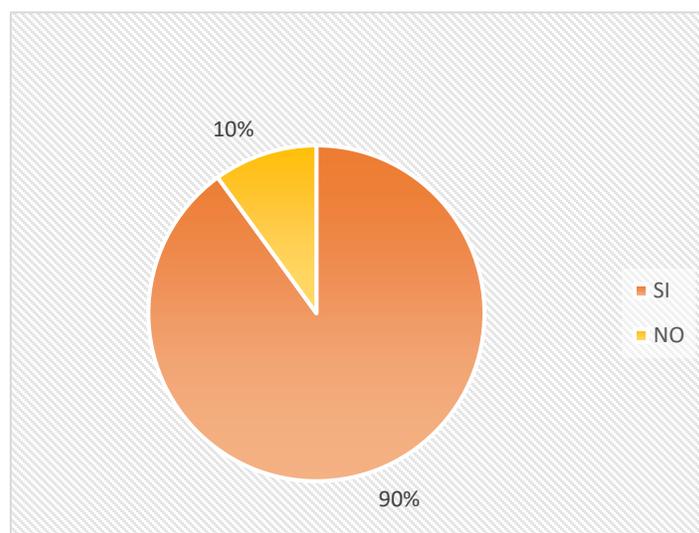
PREGUNTA 14.- ¿TIENE ALGÚN CONOCIMIENTO SOBRE LA FILOSOFÍA JIT?



Gráfica 15 Conocimientos sobre la filosofía JIT / Fuente propia.

De los 10 encuestados, más del 50% no conocen la filosofía JIT.

PREGUNTA 15.- ¿CONSIDERA IMPORTANTE IMPLEMENTAR ALGUNA METODOLOGÍA PARA LA GESTIÓN DEL PROYECTO?



Gráfica 16 Importancia de implementar alguna metodología para el proyecto / Fuente propia

El 90% de los encuestados dicen que, si es importante implementar alguna metodología para la gestión del proyecto, mientras que solo el 10% dicen que no.

Con esta encuesta se puede concluir que la mayoría del personal no conoce el programa de obra, no llevan un control de las actividades que se ejecutan, no conoce nuevas herramientas de administración, existen diferentes variantes que generan pérdidas de los recursos como el tiempo, la economía, materiales, etc.

Ahora que ya se tiene una visión más clara sobre las problemáticas que se están presentando en el proyecto, en esta fase se plantea capacitar al personal, para transmitir la información, se organizan cursos de capacitación presencial en obra o virtual como es en este caso debido a la pandemia del COVID 19, integrando a los representantes de cada área involucrada en la etapa de montaje y colocación de los paneles prefabricados de concreto celular, mínimo dos veces por semana.

Los horarios son de 5pm a 6pm ya que se considera que a esa hora baja un poco el trabajo, los días martes y jueves de cada semana, se lleva a cabo en un espacio designado donde lo principal que se tiene es mesas de trabajo, sillas, proyector y una computadora.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Los temas compartidos durante la capacitación, se van describiendo y aplicando paso a paso en los siguientes subcapítulos conforme se va avanzando la presente propuesta de implementación.

Estos temas son los siguientes:



Ilustración 51 Temario de la capacitación / Ilustración propia

1. Calidad: prevención de los errores o defectos antes de que ocurran (formatos de control para la supervisión en obra)
2. Producción simplificada: elaboración del programa de obra, donde las actividades de manera secuencial den un flujo continuo y sincronizado al objetivo final.
3. Flujo orientado al proceso: elaboración de mapas de procesos tanto constructivos como administrativos.
4. Tecnología avanzada de procuración: integración del proveedor como parte de una extensión del mismo proyecto, por lo que se busca que el proveedor siga esta misma metodología JIT.
5. Métodos de diseño mejorados: incrementar la calidad aplicando las técnicas de la metodología JIT para eliminar las actividades que no agregan valor al proyecto.
6. Funciones de soporte reforzadas: buscar eliminar los desperdicios con técnicas de análisis del valor agregado.
7. Implicación de empleados: fomentar el liderazgo entre los integrantes del proyecto para solucionar problemas que se presenten en el proyecto, buscar implementar el conocimiento en técnicas efectivas para solucionar problemas con un buen análisis de costo – beneficio y trabajar en equipo.

❖ **Desarrollo de iniciativas que promueven la implementación.**

Otro punto relevante, es la necesidad de que todas las partes interesadas participen durante las actividades claves del diseño y la ejecución del proyecto. El trabajo colaborativo de cada uno, hace que durante las primeras etapas se mitiguen los riesgos en etapas posteriores.

Escuchar la retroalimentación del equipo es fundamental, a fin de que la toma de decisiones tenga mayor fundamento y a su vez exista un aprendizaje continuo. Debe de existir flexibilidad en los procesos para la implementación, estar abierto a los cambios necesarios.

Es por eso que todas las mañanas se organizan durante las pláticas de seguridad e higiene antes de subir a la obra, dinámicas productivas con todo el personal en general y también se ofrecen talleres de liderazgo para las personas interesadas.

En la entrada del proyecto se reconoce al empleado del mes con una foto suya, para motivarlos a seguir dando su mejor esfuerzo y cada sábado se organizan partidos de fútbol después del trabajo donde se dan premios al final de cada cierto torneo.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Una vez que se organizó y capacito al grupo de trabajo, se presenta el siguiente diagrama de flujo que representa las fases de la propuesta metodológica:

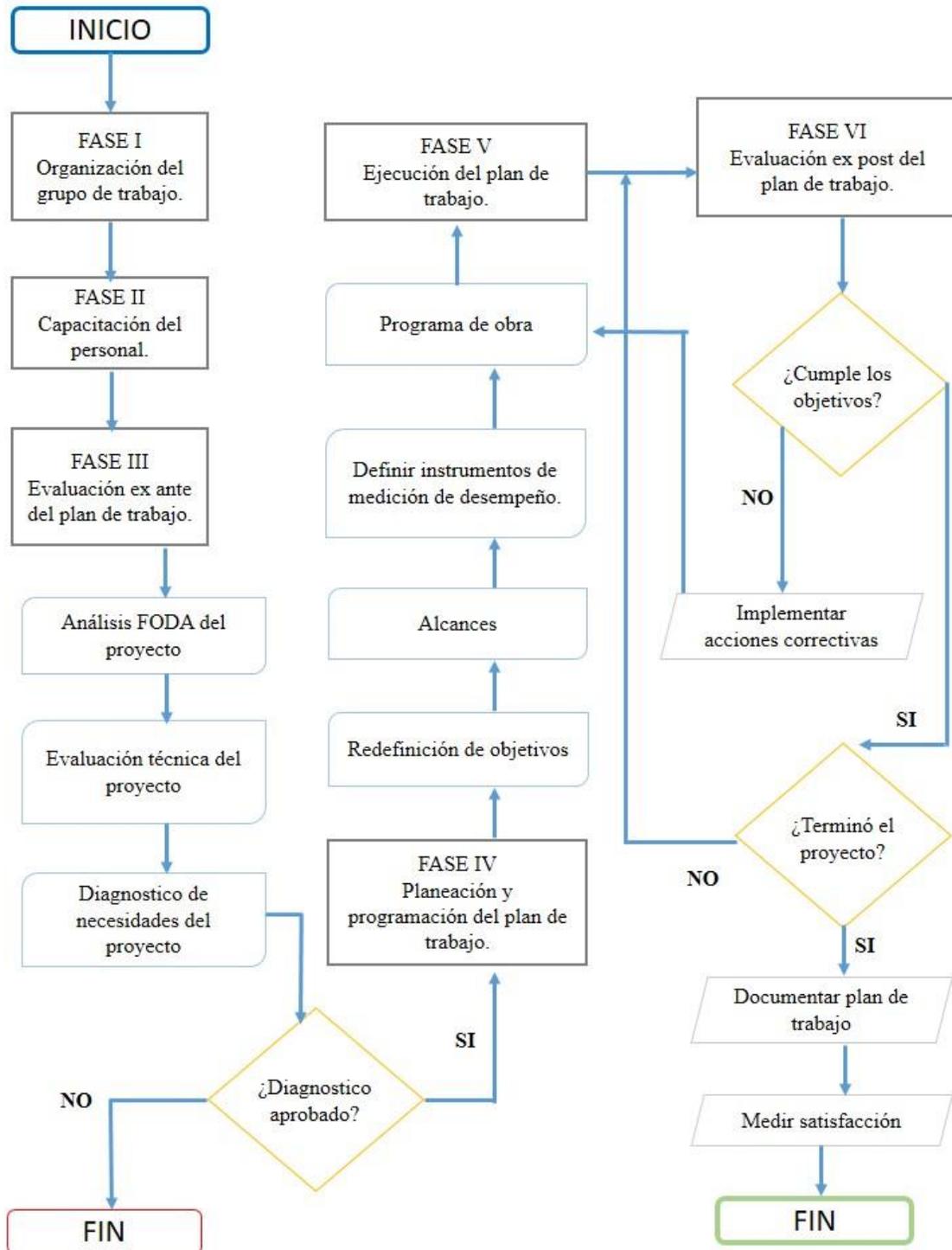


Ilustración 52 Diagrama de flujo de las fases de la propuesta metodológica.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

La propuesta metodológica se basó en el mencionado caso de estudio, descrito al inicio de este quinto capítulo, donde la parte más interesante del proyecto es el uso de los paneles prefabricados de concreto celular en losas y muros.

El desarrollo detallado en la Fase III representa la problemática real que tiene el proyecto, así como datos proporcionados en la misma obra para la realización de la evaluación técnica y el diagnóstico de necesidades.

Sin embargo, por cuestiones de la contingencia ocasionada por el COVID 19 en marzo del año 2020, el proyecto se detuvo paulatinamente por falta de fluidez económica, hasta el punto en el que no se ha podido recuperar al 100% para reiniciar las actividades normalmente y culminar el proyecto este año 2021.

Se estima que, con esta situación mundial, el proyecto termine hasta el año 2023, teniendo al día de hoy un avance aproximado del 70% en la estructura.

Por lo cual las últimas tres fases de la propuesta metodológica, son solo recomendaciones de cómo aplicar la propuesta metodológica para implementar el Just In Time paso a paso, utilizando varias herramientas de Gestión de Proyectos, para poder implementarlo posteriormente en otros nuevos proyectos, una vez que el sector de la construcción en México se estabilice nuevamente.

5.2.3 FASE 3: EVALUACIÓN EX ANTE DEL PLAN DE TRABAJO.

ANÁLISIS FODA DEL PROYECTO

Para evaluar la situación actual del proyecto, es necesario estudiar las características internas y externas, para poder plantear algunas estrategias en la implementación de la metodología JIT, en este proceso se recomienda hacer uso de algunas herramientas **heurísticas**³² como:

- ❖ Mapas mentales o conceptuales.
- ❖ Diagrama causa – efecto
- ❖ Gráfica de Pareto
- ❖ Árbol de objetivos
- ❖ Análisis FODA (SWOT)

El objetivo principal de estas técnicas es identificar de manera clara y específica los componentes de la situación actual, donde la participación del equipo de trabajo (comité) será importante para ampliar el panorama real, visto desde diferentes perspectivas que tiene cada persona, basado en su experiencia.

Al finalizar el análisis aplicando estas herramientas, se encontrarán las principales causas del problema, así como estrategias alternativas para la solución del mismo, con esto se puede presentar un diagnóstico de las necesidades que tiene el proyecto para determinar si es factible o no continuar a las siguientes fases.

Si es factible continuar con la propuesta metodológica, pasaremos a las Fase IV Planeación y Programación del plan de trabajo, de lo contrario, si se determina que no es necesaria o importante la aplicación de la presente propuesta, simplemente se finaliza todo el proceso.

³²Herramientas Heurísticas, son estrategias que permiten organizar los recursos o actividades copilados que contribuyen a la búsqueda de la solución de un problema.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Para poder analizar el proyecto, el matemático George Pólya explica en su libro “Como resolverlo”, que aplicar estas herramientas heurísticas, forman parte de un método, donde:

1. Si no consigues entender un problema, dibuja un esquema.
2. Si no encuentras la solución, haz como si ya la tuvieras y mira que puedes deducir de ella (razonando a la inversa)
3. Si el problema es abstracto, prueba examinar un ejemplo concreto.
4. Intenta abordar primero un problema más general y revisar.

Para aplicar estas técnicas ya enfocadas al problema técnico del proyecto, se recomienda llevar a cabo el siguiente proceso:

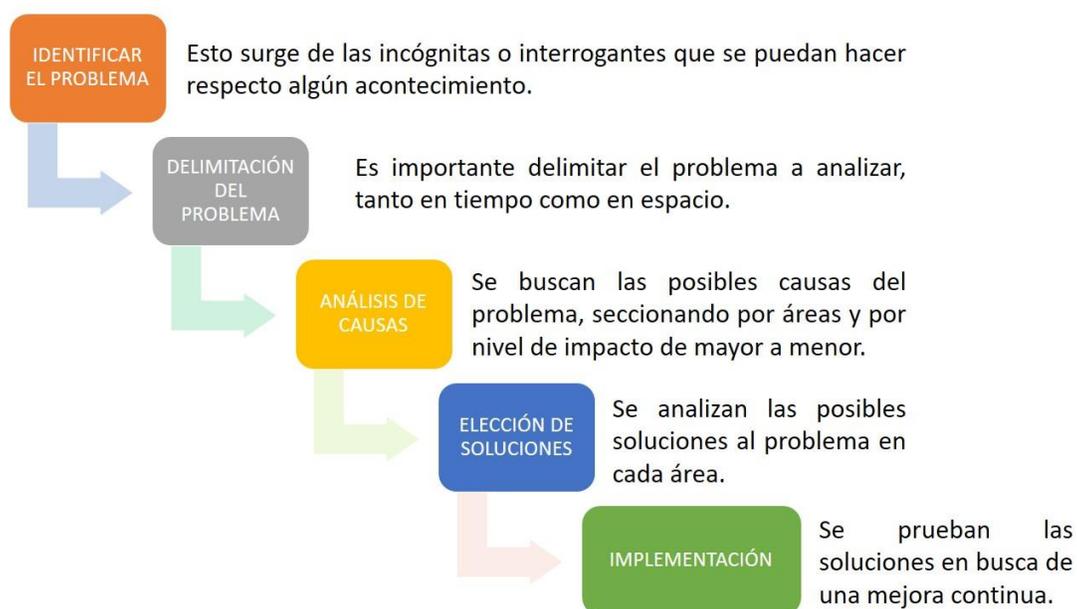


Ilustración 53 Diagrama para la solución de un problema / Ilustración propia

En este caso, el problema en el proyecto es que no existe una adecuada gestión de los recursos y esto está generando pérdidas económicas, de tiempo y en los materiales.

Por medio de un análisis FODA, todos los integrantes del comité exponen las posibles causas del problema, aportando desde su experiencia y conocimiento, diferentes opiniones que afectan al proyecto en dos factores variantes:

- **FACTORES EXTERNOS:**

Son aquellas circunstancias externas al proyecto que no se pueden controlar, pero generan riesgos (Amenazas) o beneficios (oportunidades).

- **FACTORES INTERNOS**

Son circunstancias que ocurren dentro del proyecto y que, si se pueden controlar, las fortalezas se pueden usar a favor de la obra para generar beneficios y las debilidades se pueden mejorar una vez identificadas.

Posteriormente se procede a crear las estrategias de solución derivada de este seccionamiento del problema, la cuales se nombran como:

- **ESTRATEGIAS DE SUPERVIVENCIA:**

Es la combinación de las circunstancias que ocurren en las debilidades con las amenazas.

- **ESTRATEGIAS DEFENSIVAS:**

Es el complemento donde se usa a favor las fortalezas contra las amenazas.

- **ESTRATEGIAS ADAPTATIVAS:**

Son aquellas donde las debilidades se adaptan al área de oportunidad para mejorarlas.

- **ESTRATEGIAS OFENSIVAS:**

Son aquellas donde se potencializa las fortalezas del proyecto con las áreas de oportunidad externas.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

❖ Análisis FODA del problema:

FACTORES INTERNOS	
DEBILIDADES	FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> - Falta de actualización en los modelos de planeación y programación, como el uso de BIM, Lean Construction, JIT, etc. - Falta de control en la obra e inventarios de los materiales. - Falta de experiencia en la residencia de obra. - Variabilidad del proyecto. - Inexperiencia con el uso de paneles prefabricados de concreto celular. 	<ul style="list-style-type: none"> - La ubicación del proyecto. - El uso de nuevas tecnologías como los paneles de concreto celular. - Los beneficios que tienen las propiedades del concreto. - El diseño arquitectónico. - La facilidad de colocación y montaje.
FACTORES EXTERNOS	
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Tiempos de transporte y entrega de los prefabricados. - Financiamiento externo. - Disponibilidad del recurso. - Trámites administrativos externos. - Escases de fluidez económica derivado de la contingencia por COVID 19 	<ul style="list-style-type: none"> - Ubicación de la planta de prefabricado respecto a la obra. - Innovación e impacto del producto hacia los clientes. - Capacitación gratuita del proveedor de los paneles prefabricados de concreto celular - Levantamientos y despieces del proyecto por parte del proveedor de los paneles de concreto celular.

Tabla 10 Análisis FODA del problema / Ilustración propia

❖ Análisis FODA de estrategias:

FACTORES INTERNOS		
	DEBILIDADES	FORTALEZAS
FACTORES EXTERNOS	AMENAZAS Estrategias de Supervivencia 1. Llevar a cabo un control de inventarios y entregar reportes semanales del stock existente o material que ya no hay en existencia. 2. Capacitar al personal administrativo y de obra. 3. Hacer un flujo de pedido y permanecer en constante comunicación con el proveedor para el suministro del material sin que afecte en la programación. 4. Priorizar y administrar los recursos, para aprovechar al máximo los ingresos.	Estrategias Defensivas 1. Hacer propuestas financieras a los bancos para conseguir créditos de financiamiento, presentando la importancia del proyecto al usar nuevas tecnologías con paneles de concreto celular. 2. Hacer reportes semanales del material montado, en stock y faltante para llevar un control en los tiempos próximos de entrega de los materiales. 3. Asociarse con el dueño de la Planta donde fabrican el Concreto Celular y vender la propuesta como innovación en la construcción en México.
	OPORTUNIDADES Estrategias Adaptativas 1. Capacitar al personal sobre el uso de esta innovación tecnológica con el uso de paneles de concreto celular. 2. Economizar en la partida de acabados con la implementación de esta nueva tecnología. 3. Aceptar los cursos de capacitación que ofrece el proveedor.	Estrategias Ofensivas 1. Crear rutas estratégicas del transporte de material de la planta a la obra. 2. Crear interés en los clientes con la implementación de esta nueva tecnología para incrementar las ventas.

Tabla 11 Análisis FODA de estrategias / Ilustración propia.

2. EVALUACIÓN TÉCNICA DEL PROYECTO

El siguiente paso es evaluar aspectos técnicos de la obra para poder poner en marcha la metodología JIT, para esto se requieren los siguientes datos:

- a) Proceso constructivo
- b) Sectorización y tren de actividades.
- c) Actividades que generan valor.
- d) Materiales y herramientas utilizadas.
- e) Rendimientos de mano de obra.
- f) Red de proveedores

❖ PROCESO CONSTRUCTIVO

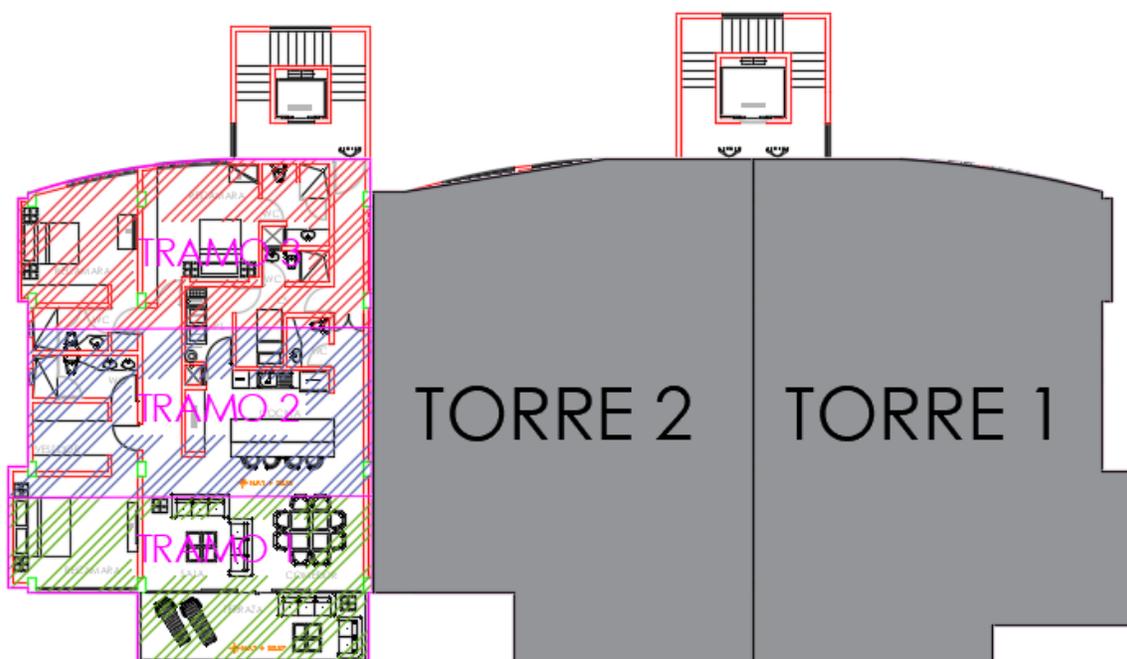
Lo primero que hay que conocer, es el proceso constructivo del montaje y colocación de los paneles prefabricados de concreto celular en la losa:

- 1) Se traza la distribución de los paneles sobre la losa.
- 2) Se identifican las piezas a instalar de acuerdo a los planos de taller o despiece para montar en la numeración diseñada.
- 3) Se acercan los materiales a la zona de colocación.
- 4) Se colocan los paneles buscando que ensamble el lado hembra con el lado macho del siguiente panel para hacer una conexión entre ellos.
- 5) Si los paneles quedan ligeramente despegados, se deberá juntar y alinear de forma manual mediante una barra hasta dejar una junta cerrada.
- 6) En el caso de estructuras metálicas, se sueldan a las vigas anillos mismos donde atraviesan barras de acero #3 en ambos sentidos formando un tipo malla, para posteriormente cerrarlas con mortero.
- 7) En el caso de los anillos perimetrales se requieren 2 varillas a lo largo con un separador en diagonal para el armado.
- 8) Se puede utilizar gravilla en la mezcla del cemento arena con un tamaño máximo de 10 mm, antes de colocar se debe humedecer bien el área.

❖ SECTORIZACION Y TREN DE ACTIVIDADES.

Para poder establecer una secuencia del proyecto, se tiene que dividir por tramos o sectores las áreas que se desean avanzar en la obra, posteriormente se debera realizar una cuantificacion en este caso en m² que sea mas o menos equitativa para tener un balance en la sectorizacion.

En el caso de la presente investigacion, en esta etapa que se redacta la tesis, dos de las tres torres ya estan terminadas con la superestructura, por lo que la Torre 3 es la que se decidira seccionar en tres tramos iguales de acuerdo a la estrategia planteada en obra.



PLANTA TIPO - TORRE 3

Ilustración 54 Sectorización del plano del proyecto / Ilustración propia.

(Un tip adicional: es recomendable hacer los cortes entre cada tramo a los ejes).

Una vez definida la sectorizacion, se procede a realizar el tren de actividades, esta es una estrategia de ejecucion que puedes aplicar en tus proyectos, principalmente si los trabajos que se ejecutan tienen varias fases, como es el caso de la colocacion y montaje de los paneles prefabricados de concreto celular en obras de edificación.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Con esta herramienta se busca, que una vez descrito el proceso e identificada la secuencia constructiva para la ejecución de una actividad o partida, cada cuadrilla pueda realizar todos los días la misma actividad tratando de mantener el mismo avance, pero claramente ir cambiando de lugar de trabajo.

En el caso del presente tema de investigación, esta enfocado en el montaje y colocación de paneles prefabricados de concreto celular en losas, en una torre de viviendas que cuenta con once niveles en la superestructura, construidos alternadamente con el sistema de estructura metálica, cada nivel de la torre tiene 250m² aproximadamente.

Las cosas que debes de considerar para hacer un tren de actividades es:

1. Secuencia de ejecución: se determina en base al sistema constructivo de lo que se esta ejecutando (descrito anteriormente).
2. Definición del ritmo y sectorización: el ritmo y los sectores estan relacionados entre si debido a la duracion requerida para completar un determinado trabajo.
3. Dimensiones de cuadrillas: es necesario conocer los rendimientos del personal para poder asignar el numero de cuadrillas requeridas para avanzar en las sectorizaciones.

En este caso, la ficha tecnica del proveedor “Celuceto” especifica que:

COLOCACION DEL PRODUCTO	RENDIMIENTO
Losa de azotea Losa de entrepiso	40 m ² /jor

Oficial y un ayudante

Ilustración 55 Ficha técnica del proveedor Celuceto / Ilustración de Celuceto

En la obra se tienen 4 personas que conforman dos cuadrillas (cada cuadrilla de dos personas), en base a este rendimiento teorico, si cada nivel tiene aproximadamente 250m² significa que el tiempo en que se termina de instalar el panel de concreto celular en un nivel es: $T = 250m^2 / 40m^2/jor * 2 = 3.12 \text{ jor}$, considerando un día de holgura por cualquier percance, quiere decir que un nivel lo terminan en 4 días, dos cuadrillas.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Se propone usar la **Ley de Pareto** para identificar pérdidas en los procesos, para evaluar la productividad del proyecto al final de cada periodo (semanal, mensual, bimestral, etc), determinar cuáles son las causas de no cumplimiento en la productividad de la obra por medio de encuestas o comentarios del personal técnico y administrativo.

En esta fase donde se está evaluando el proyecto antes de ejecutar el plan de trabajo, se busca conocer la situación actual de la obra para poder determinar los factores que están afectando a la productividad y sobre todo poder medir al final de la implementación.

Para eso se puede realizar la siguiente encuesta:

❖ Ficha técnica de la encuesta:

Fecha de inicio	03 de octubre del 2020
Fecha de fin	10 de octubre del 2020
Total días	3 días
Medio de difusión	Físico
Cantidad de encuestados	15
Número de preguntas	5

Tabla 12 Ficha técnica de la encuesta Actividades que generan valor

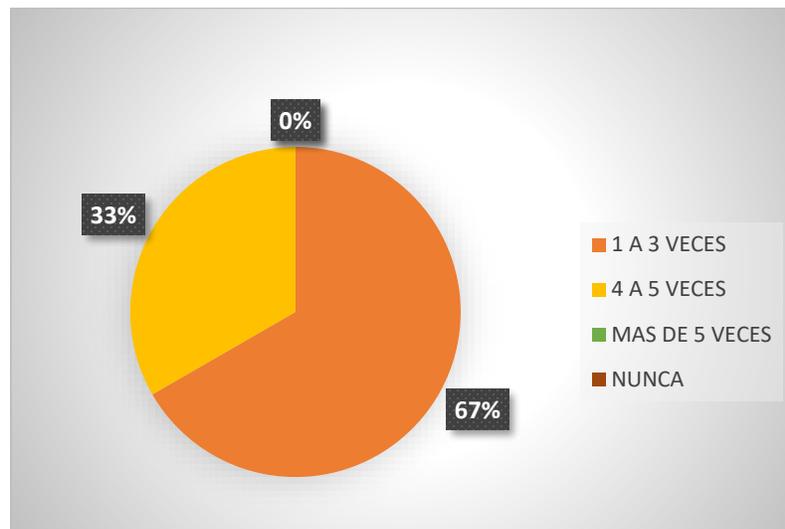
❖ Lista de preguntas:

1. ¿Cuántas veces ha tenido que corregir un trabajo ya ejecutado?	a) 1 a 3 veces b) 4 a 10 veces c) más de 10 veces d) nunca
2. ¿En qué porcentaje se ha quedado sin material a la semana?	a) 0 - 25 % b) 26 - 50 % c) 51 - 75% d) 76 - 100% e) Nunca
3. ¿Cuántas veces a la semana percibe que hay tiempos muertos?	a) 1 - 3 veces b) 4 - 7 veces c) Más de 10 veces d) Nunca

4. ¿Cuántos movimientos de material hace a la semana por falta de espacio?	a) 1 - 3 veces b) 4 - 7 veces c) Más de 10 veces d) Nunca
5. ¿Cuántas veces ha tenido retrasos por defectos del material?	a) 1 - 3 veces b) 4 - 7 veces c) Más de 10 veces d) Nunca

Tabla 13 Preguntas de la encuesta Actividades que generan valor / Fuente propia.

PREGUNTA 1.- ¿CUÁNTAS VECES HA TENIDO QUE CORREGIR UN TRABAJO YA EJECUTADO?

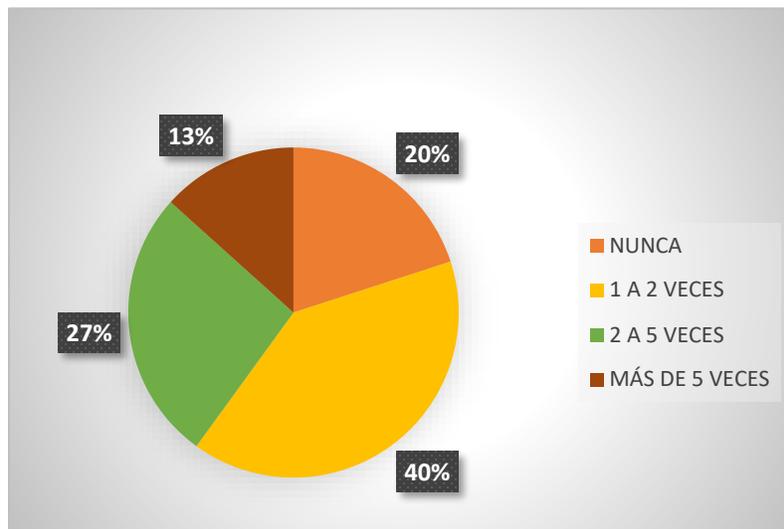


Gráfica 17 Retrabajos en el proyecto / Fuente propia

De acuerdo a los entrevistados:

- El 67% argumenta que han tenido que repetir un trabajo entre 1 a 3 veces.
- El 33% si ha retrabajado entre 4 y 5 veces.
- Mientras que el 0% argumenta que nunca ha tenido que retrabajar
- Pero también el 0% dice que no han tenido que retrabajar más de 5 veces.

PREGUNTA 2.- ¿CUÁNTAS VECES SE HA QUEDADO SIN MATERIAL DURANTE UNA SEMANA?

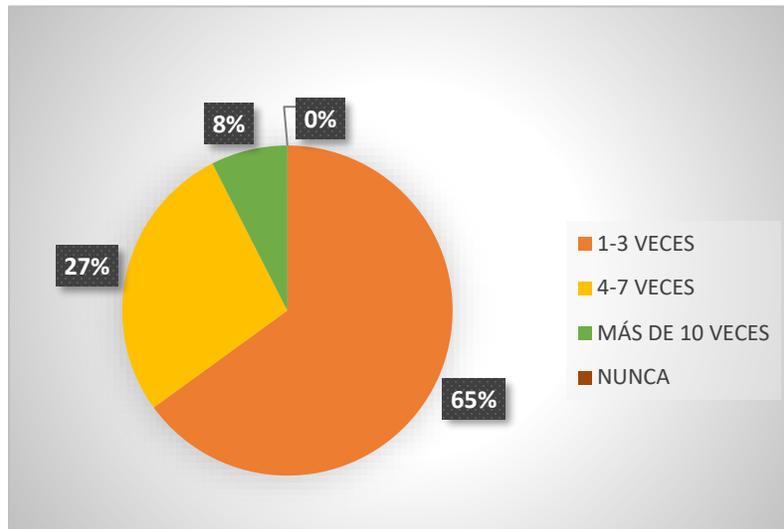


Gráfica 18 Falta de material en el proyecto / Fuente propia

Durante todo el proyecto:

- De 1 a 2 veces a la semana, el 40% argumenta que si se han quedado sin material durante una semana.
- De 2 a 5 veces, el 27% de los encuestados también se han quedado sin material durante una semana.
- En casos muy extremos solo el 13% de los encuestados se han quedado sin material más de 5 veces.
- Y solo el 20% nunca han tenido este problema.

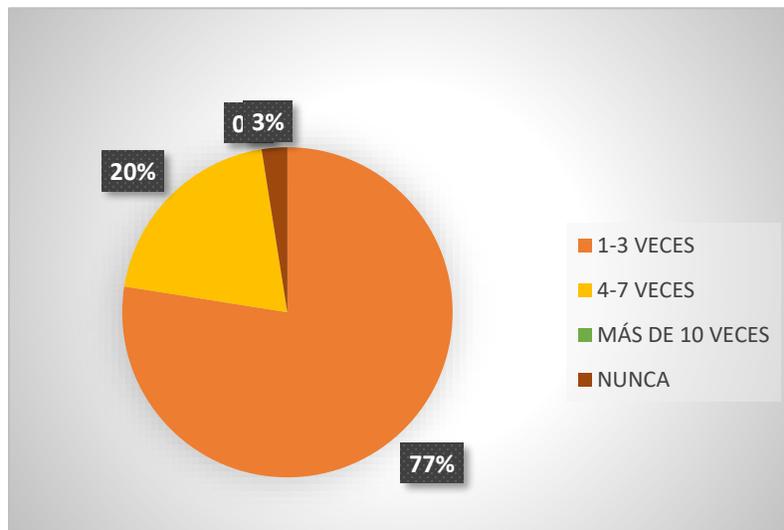
PREGUNTA 3.- ¿CUÁNTAS VECES A LA SEMANA PERCIBE QUE HAY TIEMPOS MUERTOS?



Gráfica 19 Tiempos muertos en el proyecto / Fuente propia

Según los encuestados, nadie argumenta que nunca haya tiempos muertos a la semana, el 65% dicen que al menos 3 veces si hay tiempos muertos, el 27.50% dice que entre 4 a 7 veces y solo el 7.50% ha tenido más de 10 veces tiempos muertos en la semana.

PREGUNTA 4.- ¿CUÁNTOS MOVIMIENTOS DE MATERIAL HACEN A LA SEMANA POR FALTA DE ESPACIO?

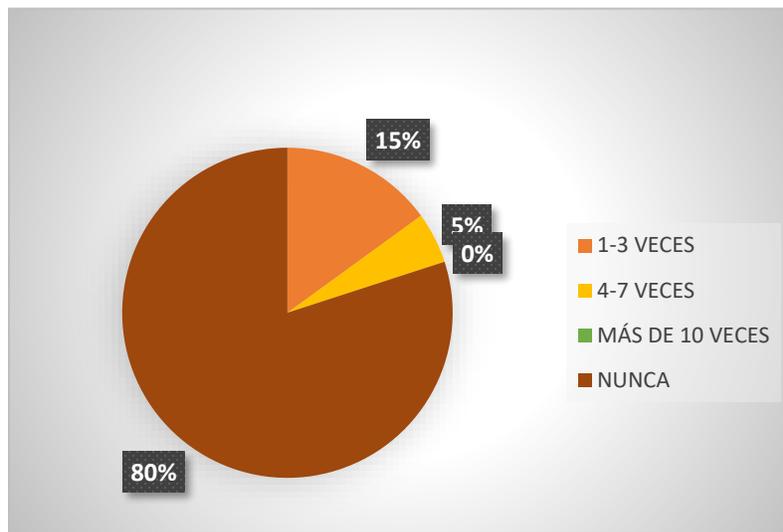


Gráfica 20 Movimientos innecesarios en el proyecto / Fuente propia

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Este número refleja que a la semana no hay tantos movimientos de acuerdo a los encuestados, lo cual es muy bueno, pero podría ser mejor con una planeación estratégica. El 77.50% de los encuestados dicen que el material se mueve de lugar de 1 a 3 veces a la semana, mientras que el 20% dicen que son de 4 a 7 veces, nadie dice que se mueve más de 10 veces y solo el 2.50% dice que nunca se mueve.

PREGUNTA 5.- ¿CUÁNTAS VECES HA TENIDO RETRASOS POR DEFECTOS DEL MATERIAL?



Gráfica 21 Retrasos por defectos del material en el proyecto / Ilustración propia

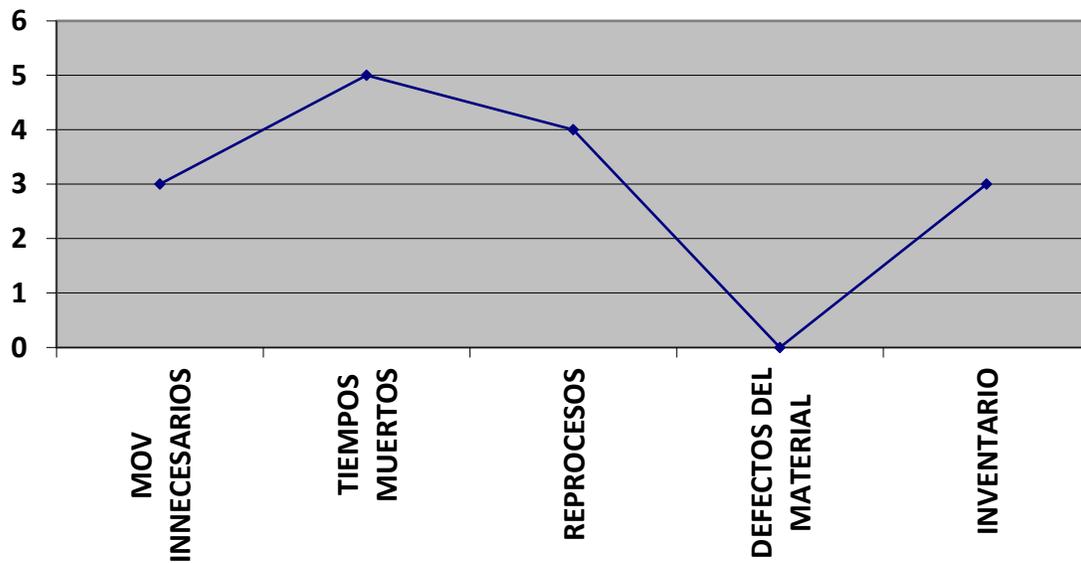
Más del 70% argumentan que nunca han tenido retrasos por defectos del material, lo cual quiere decir que el proveedor maneja buena calidad.

Esto nos sirve para identificar posiblemente las causas o la causa principal del problema, por ejemplo, de acuerdo con la entrevista anterior se selecciona la opción más votada de las respuestas por parte de los encuestados, tomando en consideración para la tabla, el mayor número del rango de la misma.

ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVAS

ACTIVIDADES NO CONTRIBUTIVAS	# DE CAUSAS O EVENTOS	%	% ACUMULADO
Movimientos innecesarios	3	20%	20%
Tiempos muertos	5	33.33%	53.33%
Reprocesos	4	26.67%	80.00%
Defectos del material	0	0.00%	80.00%
Inventario	3	20.00%	100.00%
TOTAL	15	100%	

Tabla 14 Actividades NO contributivas del proyecto / Fuente propia



Gráfica 22 Actividades NO contributivas del proyecto / Fuente propia

Si esto se graficará de forma semanal o mensual, se podría observar cuales son las áreas de mejora, en donde esta la actividad que genera mayor pérdida de productividad, sobretodo si son frecuentes. Por ejemplo, los tiempos muertos no representan ninguna actividad dentro del programa, pero si afectan la finalización de proyecto.

Para continuar con el mapeo de procesos, es recomendable representar gráficamente el estado actual al estado futuro del sistema, esta es la base para analizar el valor que se aporta al proyecto, permite identificar donde se encuentra el valor y donde el desperdicio; para esto se recomienda hacer el siguiente cuestionamiento:

- ¿Cuáles son los procesos que el único recurso que requieren es el tiempo?

En este caso los procesos que solo requieren de tiempo para la obra, es durante el proceso de fabricación de los prefabricados de panel de concreto celular, el traslado y los periodos administrativos.

- ¿Cuántos movimientos innecesarios hace al día? Y ¿Cómo podría evitarlos?

Mínimo 3 veces a la semana se mueve el material ya que donde esta acopiado, algunas veces llega a estorbar.

- ¿Cuánto tiempo tarda en llegar el material después de la solicitud?

De 4 a 6 semanas tarda en llegar a obra después de haber hecho el pago la administración de la obra.

- ¿Cuáles son los cuellos de botella del proceso?

Los reprocesos y tiempos muertos por falta de material.

- ¿Cuáles considera que son las actividades contributivas y no contributivas?

Es importante que analices en el proceso constructivo, cuáles son las actividades que contribuyen al avance (visto en el punto anterior) y en la mayoría de los casos las no contributivas como las necesidades fisiológicas de los trabajadores, movimientos innecesarios, entre otros.

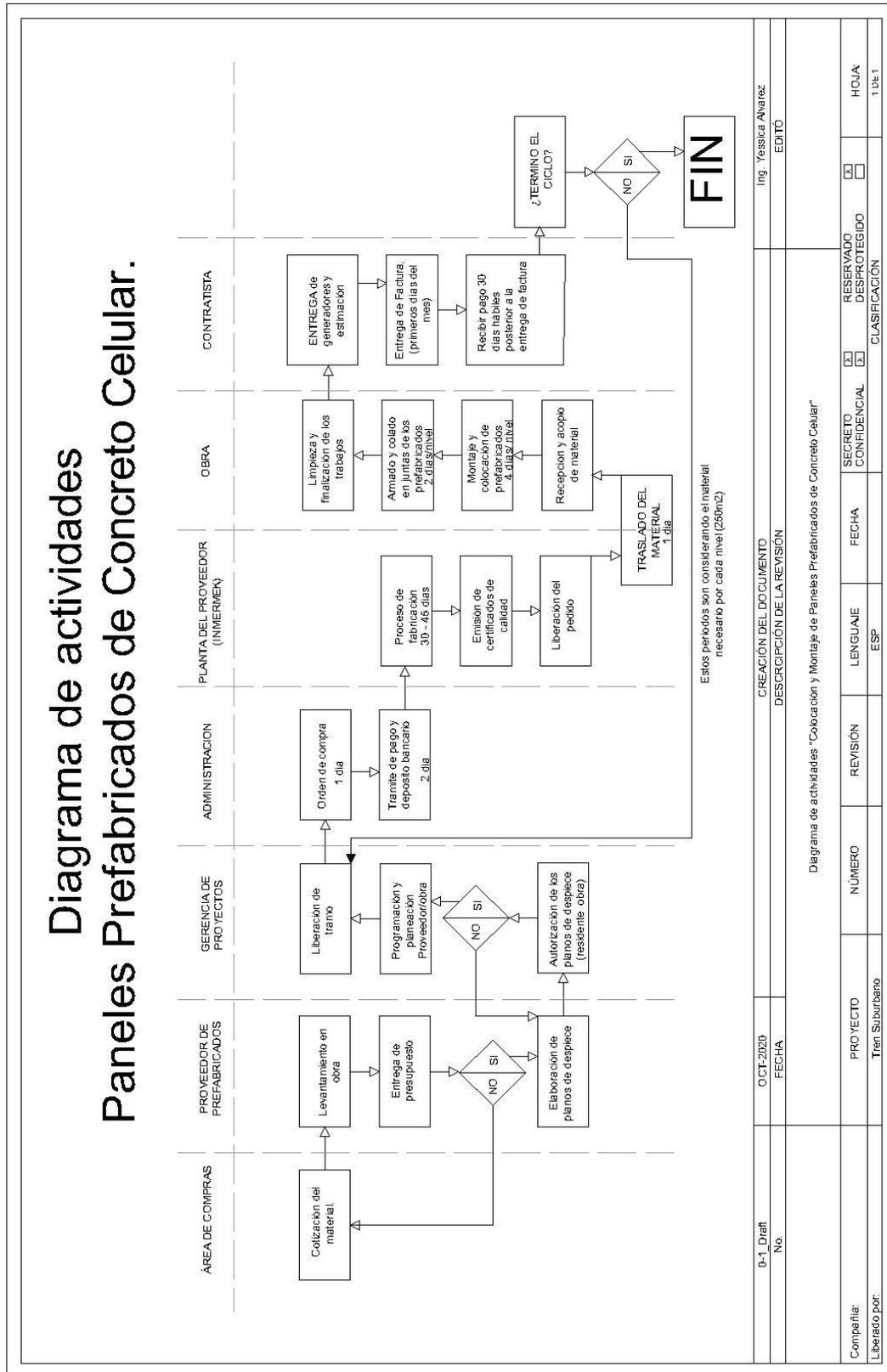


Ilustración 57 Diagrama de actividades para el montaje de paneles prefabricados de concreto celular.

Indicadores relevantes de un mapa de valor:

1. Tiempo de ciclo total: es decir, el tiempo que dura la suma de todos los procesos constructivos individuales.

En este caso, considerando el proceso únicamente desde la orden de compra, el ciclo total es de 56 días aproximadamente hasta la etapa de limpieza y finalización de los trabajos, como se puede observar en la imagen del diagrama anterior.

2. Tiempo de previsión de las necesidades: es el intervalo de tiempo de cuando se deben de prever los pedidos de materiales futuros.

En este caso son 49 días aproximadamente como máximo, desde el momento en el que se hace la orden de trabajo hasta que llega el material a obra, como se puede observar en la imagen del diagrama anterior.

3. Tiempo de entrega: es el tiempo que tarda en llegar el material a la obra, después de ser solicitado.

En el caso de esta obra tarda entre 30 a 45 días en llegar el material a obra desde el momento en el que se hizo el pago de la orden de compra.

Con el diagrama anterior, podemos observar que:

- Las actividades que únicamente requieren de tiempo es la fabricación y llegada del material a la obra.
- Las actividades que no generan avance físico, pero son indispensables, son las administrativas (orden de compra, pagos, etc) y las de descarga de los materiales.
- Las actividades que generan avance físico a la obra son el montaje y colocación de los paneles prefabricados de concreto celular.

Por esta razón, es de suma importancia tener bien identificado el proceso general, cual es la secuencia, áreas involucradas y lo más importante los periodos para que cada una se cumpla al 100%.

❖ MATERIALES Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.

Es importante identificar que materiales, herramientas o equipo se utilizan en el proceso constructivo, en varios casos sucede que no se tiene bien claro cuál de estos, mencionados anteriormente, intervienen durante la etapa de ejecución y es en ese momento cuando se presentan los atrasos en obra.

Para solucionar este problema, te recomiendo que enlistes todos los materiales, herramienta o equipo que requieres para desarrollar el proceso constructivo sin fallas o demoras.

Por ejemplo:

- Materiales
 - Prefabricados de concreto celular
 - Varillas de acero del #3
 - Bultos de mortero
 - Soldadura
 - Anillos o soleras de acero
- Herramienta y/o Equipo
 - Torre Grúa
 - Eslingas y grilletes
 - Máquina de soldar
 - Mazo
 - Equipo de protección personal
 - Líneas de vida

Es muy común en obra, que se presenten problemas como falta de energía eléctrica cerca del lugar de trabajo, falta de agua, dificultad de maniobra, etc.

Por eso es importante tener un acercamiento con el trabajador para ir afinando detalles que hagan fluido el trabajo, profundizar acerca de las necesidades o problemáticas que se presentan en la obra durante la ejecución del proceso constructivo, así como registrarlo en la bitácora para llevar un mejor control.

❖ RENDIMIENTOS DE MANO DE OBRA.

El rendimiento de mano de obra se define como concepto de obra ejecutada por un grupo de personas o cuadrilla, expresada normalmente como: “Unidad de medida/Unidad de tiempo”.

En este proceso, la elaboración de un presupuesto y la programación de la obra, son uno de los factores más importantes, ya que establecen los costos y duraciones con anticipación, para así poder determinar la viabilidad del proyecto.

En base a los planos y especificaciones se sacan los conceptos o las actividades que se desarrollarán durante la construcción, mismas que serán analizadas para determinar los rendimientos de la mano de obra a través de la observación en campo.

La mano de obra es uno de los componentes del proceso constructivo que más afectan la productividad, es necesario conocer los diferentes factores que influyen en esta, lo primero que hay que hacer es clasificar las actividades y buscar cómo medirlas.

De acuerdo con la eficiencia en la productividad se han definido diferentes rangos de acuerdo a la propuesta de **John S. Page** en su libro “**Estimator’s general construction man – hour manual**”

<i>EFICIENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD</i>	<i>RANGO</i>
<i>Muy baja</i>	10 – 40 %
<i>Baja</i>	41 – 60 %
<i>Normal (promedio)</i>	61 – 80%
<i>Muy buena</i>	81 – 90 %
<i>Excelente</i>	91 – 100 %

Tabla 15 Eficiencia de la productividad

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

El rango más bajo que es 0% es cuando no se realiza actividad alguna, el 100% es si se presenta la máxima eficiencia teórica posible.

Cada proyecto de construcción varía según las condiciones donde se ejecute, esto influye directamente en el rendimiento de la mano de obra, estos son algunos de los factores que pueden afectarlo, de acuerdo a lo que comparte Jhon S. Page en su libro:

1 ECONOMÍA GENERAL

2	Aspectos laborales
3	Clima
4	Actividad
5	Equipamiento
6	Supervisión
7	Trabajador

Tabla 16 Factores que afectan el rendimiento de la mano de obra

Es necesario tomar diferentes parámetros para sacar estadísticas y así sacar un promedio, desde mi punto de vista otros factores que influyen son:

- La actividad a realizar
- La altura
- La disponibilidad del material
- Incluso los días de la semana
- La paga económica

La forma más fácil de calcularlos es la siguiente:

$$T = \text{Cantidad de trabajo} / \text{rendimiento} * \text{jornada}$$

Si una cuadrilla rinde 40m²/jor en la colocación del panel prefabricado de concreto celular, quiere decir que el tiempo que tardaran en poner 250m² es:

$$t = 250\text{m}^2 / 40\text{m}^2 * \text{jor} = 6.25 \text{ jornadas}$$

(Es decir un poco más de seis días)

Para esto te recomiendo que anotes en una libreta todo lo que observes, cuando inician un trabajo, con cuantas personas, que materiales, que problemas presentaron durante la ejecución, cuanto avanzaron (m2, ml, pzas, etc) e ir actualizando el programa de obra con los tiempos y cantidades reales.

Con estos datos de campo, se pueden calcular los IP (Indices de productividad), los TP (Tiempo productivo), TC (Tiempo contributivo), TNC (Tiempo no contributivo), esto te ayudara a categorizar el tiempo empleado, encontrar la eficiencia del trabajo productivo, minimizar los tiempos dedicados al contributivo y eliminar los tiempos que no contribuyen a la obra.

Por ejemplo, actividades que generan:

Tabla 17 Tiempo productivo, contributivo y no contributivo.

<p style="text-align: center;">TIEMPO PRODUCTIVO</p> <ul style="list-style-type: none">- Colocación y montaje de paneles prefabricados de concreto celular.- Union y sellado de juntas entre panel y panel.
<p style="text-align: center;">TIEMPO CONTRIBUTIVO</p> <ul style="list-style-type: none">- Transporte del material.- Limpieza- Desplazamientos- Preparacion de material y tramo.

TRABAJO NO CONTRIBUTIVO

- Tiempos de espera (falta de material, actividades previas sin concluir, falta de instrucciones, etc)
- Tiempos de ocio o desplazamientos (actitud del trabajador, idas al baño, hora del snack)
- Agotamiento físico
- Reprocesos

Para poder identificar las causas que generan la baja productividad, te recomiendo apliques encuestas y técnicas estadísticas, organizar reuniones o talleres que insentiven al personal, reconocimiento en murales semanales, regalos, trabajo por metas y compensaciones con el tiempo, etc.

Aplicar estas estrategias puede ayudarte a generar ambientes laborales productivos, personas felices y enfocadas.

❖ RED DE PROVEEDORES

Los proveedores son la principal fuente que facilitan los insumos necesarios para el desarrollo de un proyecto, por eso es necesario considerarlos como parte del mismo. Para seleccionar a un proveedor se debe de contemplar lo siguiente:

- Costos
- Tiempos de entrega / Disponibilidad
- Garantía / Certificados de calidad
- Servicio
- Distancia entre el proveedor y la obra.

Es necesario establecer criterios a evaluar antes de seleccionar un proveedor, se debe de buscar en la selección, no solamente el servicio o producto, sino aportar un crecimiento con empresas completamente responsables y que tengan esa visión de actualización constante. Es fundamental generar buena comunicación entre ambas partes y sobre todo colaboración en conjunto para obtener resultados exitosos.

Una forma de eliminar despilfarros, es realizar entregas eslabonadas y simplificar la gestión de inventarios. Es decir, se puede realizar mensualmente el pedido, pero se pueden ir programando las entregas parciales por semana o según convenga al proyecto, así evitaríamos peleos, costos de transporte, atrasos en obra, falta de flujo de efectivo, stock, etc.

Una de las áreas de oportunidad donde se puede economizar factores del proyecto, es en el área de compras, es recomendable firmar contratos a corto o largo plazo con un estimado de las cantidades de material que se va a requerir, así se congela el precio y se puede negociar un descuento en los pedidos. Las empresas que logran aplicar el enfoque JIT con sus proveedores de manera satisfactoria, han podido consolidar poco a poco una red de proveedores únicos.

3. DIAGNÓSTICO DE NECESIDADES DEL PROYECTO.

Con esto se pueden identificar las necesidades principales a resolver del proyecto:

- Re-procesos por la variabilidad del proyecto, falta de información o mala supervisión del residente de obra.
- Falta de optimización de los procesos constructivos.
- No hay control de inventarios, flujos de pedido o buena gestión de los recursos.
- Falta de capacitación administrativa, así como técnica sobre el uso de los paneles prefabricados de concreto celular.
- Implementar formatos de control en la ejecución de los procesos.

5.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.

Para llevar a cabo la propuesta metodológica de implementación JIT, en esta fase se busca planear y programar las actividades a desarrollar paso a paso, para aplicar la guía como referencia en proyectos que utilizan el mismo sistema de prefabricados de paneles de concreto celular.

El tiempo es un recurso crítico que jamás regresara, el éxito de los trabajadores está en la eficiencia que desempeñen, por eso es importante administrar bien las tareas a realizar; si cada hora que se invierte en programar un plan de trabajo, ahorra mínimo dos horas en la ejecución y asegura mejores resultados, entonces desarrollar esta fase del plan de adopción se convierte en una de las más importantes para garantizar su efectividad.

5.3.1 REDEFINICIÓN DE OBJETIVOS

En la etapa anterior se evaluaron las necesidades del proyecto elaborando un diagnóstico de su situación actual, ahora lo primero para implementar la filosofía JIT es plantear los objetivos que tiene el proyecto para mejorar su productividad y al final poder evaluar la efectividad del plan de adopción.

Para definir un objetivo, necesita cumplir características **S.M.A.R.T. (inteligente en español)**:

- Specific (Específico): Es esencial detallar el objetivo de forma que puede ser útil plantearse sub-objetivos que concreten el principal objetivo.
- Measurable (Medible): Debe de ajustarse a criterios de medición factibles (tiempos, duraciones, periodos, etc).
- Achievable (Alcanzable): deben de ajustarse a la realidad de las personas y su entorno, que sean realistas y retadores.
- Result- oriented (Orientado a resultados): se debe de plantear en función del resultado a lograr, estableciéndolo siempre en positivo.
- Time limited (Fecha límite de ejecución): Debe de plantearse un futuro o escenario deseable a alcanzarse, como máximo.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Aplicando estas características a los objetivos que necesita el proyecto, se definen de la siguiente manera:

OBJETIVO 1: Mitigar reprocesos.

Se está analizando la información actual del proyecto para poder identificar y definir las variables que aún quedan sin determinar (tramos abandonados), todas las áreas involucradas están estudiando los planos ejecutivos (supervisión y calidad) y se están analizando las posibles problemáticas en el proyecto (riesgos).

Todo eso para integrarlo con la implementación del “Last Planner System” y así MITIGAR reprocesos por la premura en tramos abandonados sin definir, reprocesos por mala supervisión y reprocesos por imprevistos en obra.

Para esto se organizan breves reuniones de 40 minutos todos los días martes con el comité integrado en la implementación metodológica, donde se discuten las variables NO definidas en el proyecto ejecutivo, posibles problemáticas que se presentan durante la ejecución y por supuesto los avances reales del “Last Planner System” definido durante las primeras reuniones, mismo que se revisa de forma semanal para cumplir el objetivo con éxito.

Para el control del “Last Planner System”, los residentes, supervisión y contratistas, se involucran en los periodos mínimos y máximos en la ejecución de cada actividad o cada sectorización, llevando consigo el programa actualizado, documentando todo lo que observan en obra y teniendo comunicación asertiva entre ellos.

Los residentes también llevan su programación diaria, son los encargados de transmitir esa información a todos los involucrados en el proceso de forma clara y precisa para evitar así confusiones en las instrucciones dadas.

Al finalizar la semana se realiza una tabla indicando el porcentaje de avance en las actividades programadas y un listado de los problemas presentados durante la ejecución del plan.

OBJETIVO 2: Mejorar la productividad.

Se están seleccionando las actividades más importantes y costosas del presupuesto del proyecto, con el fin de optimizar los procesos constructivos para mejorar la productividad.

Iniciamos analizando los rendimientos de la mano de obra por medio de la instrumentación, es decir la toma de fotografías respaldadas en un servidor grupal donde el comité involucrado tiene acceso, y también estamos llevando un riguroso control del personal (listas de asistencia).

Al finalizar la semana se saca un reporte del avance obtenido (m² construidos) extraído de las fotografías, con el número de personas que asistieron, agrupándolas en diferentes cuadrillas dependiendo la actividad a desarrollar. En el caso de la presente tesis, es la colocación y montaje de los paneles prefabricados de concreto celular.

Donde las cuadrillas están integradas por:

- Cuadrilla de montadores.
- Cuadrilla de soldadores
- Cuadrilla de albañiles.

(Las cuadrillas se determinaron de acuerdo al proceso constructivo descrito en el capítulo “Evaluación Técnica del Proyecto”). La sectorización del proyecto en esta etapa, es importante para poder balancear los recursos (mano de obra) y todos estén realizando trabajos que aporte valor al proyecto.

Estos reportes se presentan cada martes para poder analizar diferentes variables, identificar las actividades productivas, contributivas y no contributivas del proceso constructivo y clasificarlas en tablas o gráficos; para medir la duración de las actividades y plantear escenarios teóricos de mejora.

También diseñamos el layout de la obra, para ordenar de forma estratégica los materiales y evitar pérdidas por movimiento innecesario de los mismos.

OBJETIVO 3: Mejorar la administración de los recursos.

Estamos llevando un control en los siguientes recursos:

- Movimientos del almacén y saldos en stock.

Estamos siguiendo el “Last Planner System” por semana, identificando el tipo de recursos materiales requeridos en cada etapa, la cantidad precisa y una programación específica del flujo de pedido, donde se mantiene una comunicación asertiva con los proveedores para evitar retrasos por materiales.

- Reporte de altas y bajas del personal de obra

En cuestión del personal de obra, la rotación en el sector construcción es muy grande, por lo que es importante llevar con orden las listas de asistencia del personal y en caso de tenerlos contratados directamente, tener bien controlado las altas y bajas del **IMSS**³³ (Instituto Mexicano del Seguro social); esto ayudara a mejorar la administración en los pagos de nóminas y también el avance de la obra de acuerdo a las horas hombre requeridas por semana.

- Reporte de altas y bajas de equipos y/o maquinarias

Algo muy común que suele pasar desapercibido, son los equipos y/o herramientas, estas sufren un desgaste de acuerdo con el uso, por eso nosotros llevamos un seguimiento de control mensual en el mantenimiento del equipo para evitar retrasos o accidentes.

- Reporte de ingresos y egresos económicos.

En la administración de los recursos financieros, se entrega cada mes los estados de cuenta al director del proyecto, pero también se transmite al comité involucrado la información más relevante de esta información para que todos tengan un panorama general del proyecto, en cuestión de números. El control de estos recursos aporta principalmente respetar el presupuesto inicial del proyecto y también una mejor optimización de los recursos.

³³IMSS (Instituto Mexicano del Seguro Social) es la institución con mayor presencia en la atención a la salud y en la protección social de los mexicanos “Sitio WEB del IMSS”.

OBJETIVO 4: Capacitación al personal

Estamos organizando capacitaciones dos horas a la semana, en conjunto con el comité involucrado en la implementación metodología del Just in Time, donde cada mes se hacen evaluaciones técnicas para ir midiendo el desempeño de cada integrante.

Esto ayudara a tener las bases necesarias para desarrollar con éxito la metodología, trayéndole innumerables beneficios al proyecto.

OBJETIVO 5: Llevar el control de obra

Se están elaborando formatos para el control de obra, documentando de forma diaria los avances físicos, problemáticas, riesgos, circunstancias presentadas durante la ejecución, con la finalidad de crear una base referente para futuros proyectos.

Los formatos son llenados por los residentes y también la supervisión, cada uno lleva su propio control, esto garantiza que la información debe cuadrar con lo que sucede en la obra. Los formatos de control se archivan en carpetas y se entregan al finalizar la obra, o en caso de existir auditorias, se tiene a la mano la información.

También se guardan en carpetas todas las remisiones del material que ingresa, vales de salida, actualizaciones de inventario, formatos de calidad de los proveedores, orden de compra y en general toda la información relacionada al proyecto.

Estos formatos se diseñan con la sig. Información:

- Fecha y datos básicos del proyecto.
- Ubicación y croquis del tramo
- Check list de parámetros a revisar (seleccionar la actividad)
- Observaciones
- Firma del residente

5.3.2 ALCANCES

ALCANCE 1: Mitigar reprocesos.

Al término de tres meses que durará la implementación de la propuesta metodológica, se habrán mitigado únicamente los principales reprocesos ocasionados por falta de información y/o variabilidad del proyecto y mala supervisión en obra.

Los criterios de evaluación del alcance de este primer objetivo se basarán en:

- Entrega puntual de los boletines para trabajos extraordinarios en el proyecto, firmados por diseño, gerente de proyecto, supervisión o áreas involucradas.
- Tener actualizados los formatos de control en obra (anexos en la etapa de Ejecución), donde se describirá la fecha y avance cuantitativo del tramo, cantidad de horas hombre, rendimientos, cuestiones de calidad de los trabajos, comentarios, firmas del residente encargado y supervisor, etc.
- Comunicación asertiva entre el equipo del comité involucrado.
- Cumplimiento del programa propuesto para estos tres meses.
- Seguimiento a las minutas de las reuniones semanales con el comité involucrado

Estos 5 criterios se evaluarán al finalizar estos tres meses, siendo cada integrante del comité involucrado quien asigne un porcentaje entre el 1-100% a cada criterio.

Por último, se sumarán todos los porcentajes evaluados por cada miembro, para sacar un promedio final, donde se espera alcanzar entre el 80 – 95%.

Limitaciones: En este alcance no se consideran reprocesos por cuestiones externas al proyecto como es el caso de terremotos, fallas con los proveedores, movimientos políticos, pandemias, economía mundial, etc. Tampoco está planeado que abarque hasta la culminación del proyecto, sino únicamente la etapa predeterminada en el Last Planner System.

ALCANCE 2: Mejorar la productividad.

Al término de tres meses se habrá identificado los principales problemas que afectan la productividad e implementado técnicas que la mejoren. También se habrá analizado los rendimientos antes y después de la implementación. Y por último se habrá implementado técnicas para incentivar al personal y así poder mejorar su productividad.

La forma de evaluar este alcance es por medio de:

- Estudio de tiempos y control de retrasos de los periodos del “Last Planner System”, para esto es importante observar cómo se hacen todos los procesos y que tiempo se lleva; compararlo con el rendimiento previo a la implementación por medio de formatos.
- Estudio de métodos, se lleva un registro de los procedimientos, para reducir si hubo desperdicio de material, cuellos de botella, exceso de horas laborales y así proponer actividades de mejora.
- Incentivos económicos o motivacionales que ayudan a mejorar el rendimiento



Ilustración 58 Crecimiento de la productividad / Ilustración de internet.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

ALCANCE 3: Mejorar la administración de los recursos.

Al término de estos tres meses se tendrá el control de inventario actualizado día con día por medio de formatos digitales, se tendrá elaborado el flujo de pedido de acuerdo al Last Planner System, las listas de asistencia ordenadas y encarpetadas, los vales de entradas y salidas, pero sobre todo el estado financiero mensual del proyecto.

Estos 5 criterios se evaluarán al finalizar estos tres meses, siendo cada integrante del comité involucrado quien asigne un porcentaje entre el 1-100% a cada criterio.

Por último, se sumarán todos los porcentajes evaluados por cada miembro, para sacar un promedio final, donde se espera alcanzar entre el 80 – 95%.



Ilustración 59 Archivado de reportes del proyecto / Ilustración de internet

ALCANCE 4: Capacitación del personal

Al término de estos tres meses, el personal estará capacitado para implementar las técnicas que involucran el Just in Time sin ayuda de un asesor externo.

Para evaluar el avance de este alcance, se realizará un examen final al personal, siendo 8 la calificación aprobable.

Limitaciones: en caso de que algún miembro del comité no asista a las capacitaciones, no será repetible la información.

ALCANCE 5: Llevar el control de obra

Al finalizar los tres meses, los residentes y supervisores de obra tendrán ordenados y firmados los formatos de control de obra en carpetas, habrán identificado desde rendimientos, posibles problemáticas, hasta boletines extraordinarios, etc.

La forma de evaluar este alcance será con la información final presentada ante el comité, donde todos evaluarán en porcentaje del 1-100% su desempeño en esta función.



Ilustración 60 Control de obra / Ilustración de internet

Una vez definidos los alcances planeados en las siguientes etapas de la propuesta metodológica para implementar Just in Time en el proyecto de edificación, utilizando paneles prefabricados de concreto celular, ahora si vamos a la etapa de la programación.

5.3.3 PLANEACIÓN Y PROGRAMACIÓN DEL PLAN DE TRABAJO

IMPLEMENTACIÓN DEL PLANIFICADOR LAST PLANNER.

En esta fase es donde se genera el plan de la obra, donde una vez establecidas las secuencias de las actividades, se determinan las holguras entre estas (tiempo) y los procesos constructivos a nivel general con el fin de balancear todas las actividades de la obra, por medio del planificador **last planner**³⁴.

- PLANIFICACIÓN INTERMEDIA.

Con esto se busca controlar la coordinación de los proveedores, mano de obra, proyecto ejecutivo (planos), información (memorias técnicas) y descripción de los procesos constructivos que son necesarios para establecer las cuadrillas necesarias para cumplir con el programa de trabajo.

Primero se debe de desglosar un plan maestro, donde se asignarán trabajos por semana, cada uno de los procesos constructivos se dividirá en múltiples actividades, posteriormente se analizará cada una de ellas para que no exceda la duración del periodo a programar y sea aceptable dentro del programa.

Es importante designar responsables en cada área, esa persona se encargará de liberar tramo para que entre la siguiente actividad y deberá de encargarse que cumplan con los periodos dentro de la planificación, en caso de presentarse problemas que pueden prolongar o afectar lo programado, tendrá el responsable del área la obligación de informar primero al líder del proyecto y posteriormente a sus compañeros para tomar medidas de prevención.

En el caso de la presente tesis, solo se está analizando uno de los procesos constructivos de todo el proyecto, que es el montaje de los paneles prefabricados de concreto celular en losa, el cual corresponde a la etapa de superestructura.

³⁴Last Planner System es un sistema holístico, lo que significa que cada una de sus partes es necesaria para apoyar la planificación y ejecución de proyectos ajustados. “Lean Construction México”

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Por lo que el programa quedaría algo así:

ACTIVIDAD	DURACIÓN	BALANCEO DE RECURSOS	RESPONSABLE DE REVISIÓN	TIPO DE ACTIVIDAD	SEMANA 1							SEMANA 2														
					L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D								
1) Se traza la distribución de los paneles sobre la losa.	1 jor	1 ayudante	Residente	TC																						
2) Se identifican las piezas a instalar de acuerdo a los planos de taller o despiece para montar en la numeración diseñada.	1 jor	1 ayudante	Contratista y residente	TC																						
3) Se colocan los paneles buscando que ensamble el lado hembra con el lado macho del siguiente panel para hacer una conexión entre ellos.			Contratista																							
4) Si los paneles quedan ligeramente despegados, se deberá juntar y alinear de forma manual mediante una barra hasta dejar una junta cerrada.	4 jor	2 cuadrillas	Contratista y residente	TP																						
5) En el caso de estructuras metálicas, se sueldan a las vigas anillos mismos donde atraviesan barras de acero #3 en ambos sentidos formando una tipo malla, para posteriormente cerradas con mortero.	2 jor	1 cuadrilla	Contratista	TP																						
6) Se puede utilizar gravilla en la mezcla del cemento arena con un tamaño máximo de 10 mm, antes de colocar se debe humedecer bien el área.	2 JOR	1 cuadrilla	Contratista	TP																						
7) Limpieza y entrega de los trabajos.	1 JOR	1 ayudante	Contratista y residente	TC																						

Ilustración 61 Planificador Last Planner del Proyecto / Ilustración propia

- **PLANIFICACIÓN SEMANAL.**

Una vez que se tiene el plan general, se secciona por semana, aquí es donde se hace más a detalle la planeación antes de su ejecución.

- El residente de obra o encargado del área, debe de organizarse con los supervisores, contratistas, cabos o proveedores para que se cumpla con los objetivos establecidos esa semana, la comunicación debe de ser clara y asertiva.
- Se identifican las actividades a ejecutar y se estiman los periodos de duración.
- Se organizan secuencialmente y después se programan con anticipación los recursos necesarios a ocupar (materiales, mano de obra y equipo), siguiendo la filosofía del JIT (NO stock, NO pérdidas de tiempo).

- **ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL PROGRAMA DE TRABAJO.**

En cada reunión semanal, se deberá presentar un informe sobre la ejecución de las actividades, se debe de validar si se cumplieron o no en el tiempo programado, evaluar cuáles fueron los problemas que se presentaron durante su ejecución y se propone calificar en porcentaje el avance de la actividad, descrito en el formato de control semanal, para que cuando se presente ante el comité, se calcule el porcentaje de actividades completas de todas las áreas para estimar el avance general de la obra.

En caso de que no se haya cumplido, se evalúan las posibles causas para proponer nuevas soluciones que generen el cumplimiento, en la siguiente reunión se evalúa su efectividad.

5.3.4 EJECUCIÓN DEL PLAN DE TRABAJO.

En esta fase es donde todo lo anterior ahora si se lleva a la práctica, para esto es importante generar estrategias para llevar un control adecuado y poder cumplir los objetivos deseados.

Estas son algunas recomendaciones que te sugiero para que la ejecución de esta propuesta metodológica se lleve con orden y éxito:

1. Utiliza el informe A3 semanal para llevar el control de las situaciones reales que ocurren, son fáciles de elaborar, se pueden hacer con lápiz, hacer bocetos a mano y todo eso en una hoja seccionada, esta herramienta es muy buena para la presentación de informes semanales para medir la programación del proyecto.
2. Para cumplir con la metodología JIT en la distribución y acomodo de los materiales, es necesario elaborar un **layout**³⁵ de la situación actual de la obra, con la finalidad de identificar las fallas del orden, posteriormente se propone diseñar un nuevo layout creando estrategias que cumplan con la metodología 5's:
 - Clasificar
 - Ordenar
 - Limpiar
 - Estandarización
 - Disciplina
3. Una vez acomodados los materiales con estas estrategias, se podrá evaluar su funcionalidad. Para tomar en cuenta la localización de cada uno de los materiales, se debe de considerar la productividad, la cercanía al lugar donde se usará, accesos, disponibilidad de mano de obra, sobre todo se debe de considerar que conforme avanza la obra la distribución cambiará debido al crecimiento del proyecto, por lo que se deberá analizar constantemente el Layout en obra.

³⁵Layout proviene del inglés, que en español quiere decir diseño, plan, disposición. El término hace alusión a los diferentes esquemas y bosquejos que se pueden llevar a cabo y distribuir entre los elementos y herramientas del diseño web. “Concepto definición”

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

4. En cualquier proyecto de construcción, es recomendable clasificar los materiales en grupos y por etapas, por decir en la etapa de cimentación, estructura y albañilería, se puede clasificar en los siguientes grupos:
 - Materiales pétreos (arena, grava, tepetate, etc)
 - Materiales metálicos (acero, aluminio, cobre, etc)
 - Cemento
 - Materiales orgánicos como la madera
 - Prefabricados de concreto celular (en este caso)

De esta manera será más sencillo gestionar los materiales en stock o faltantes, además de que en el paso anterior se crea una estrategia para acopiarlo.

5. Control de inventario: es importante que el acceso al almacén en caso de ser cerrado, sea controlado por una persona encargada que deberá ir anotando el material existente, el que llega y el que se utiliza, con fechas, horas, nombres y todo lo necesario, a todos estos movimientos se les nombra entrada y salida de almacén.

Aun así, se recomienda hacer inventario de materiales periódicamente, puede ser mensual o bimestral, se recomienda no exceda de medio año para poder detectar con tiempo cualquier situación. El uso de formatos o incluso software puede hacer más funcional el trabajo para llevar un exitoso control de los materiales.

6. Rendimientos de mano de obra, es recomendable anotar en una libreta todos los avances diarios del personal, puede ser en m², metros lineales, etc; para poder ir graficando los datos e ir armando estrategias necesarias para el cumplimiento del programa.
7. Una vez establecido el flujo de pedido, la comunicación entre el residente y el área de compras debe de ser clara, se recomienda cada semana cotejar el programa de obra e inventario.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

8. Formatos de control de calidad, es importante llenar estos formatos, diario o cada vez que se cierra un tramo para irlos archivando en la carpeta.
9. En las reuniones semanales hay que ir revisando los avances de la minuta y exponiendo nuevas posibles problemáticas que se hayan presentado durante la semana.



Ilustración 62 Lean Construction en Aransa / Ilustración de internet

10. El programa debe de estar pegado en la entrada principal de la obra, así como su respectivo organigrama, para que todo el personal este enterado de las metas a cumplir en tiempo y forma, pero sobre todo quienes son los responsables de cada área.



Ilustración 63 49Lean Construction México/ Imagen de internet

11. Evaluación al contratista, es importante para tener referencias en contrataciones de próximos proyectos, se debe de hacer conciencia que todos forman parte del mismo equipo y alinearse al propósito del proyecto, trabajando en conjunto.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

Para hacer esta evaluación, se recomienda establecer ciertas normas de calidad o los factores a calificar, como la implementación de un ranking de desempeño mensual, algunos puntos pueden ser:

1. Tiempo de ejecución
2. Normas de seguridad
3. Calidad en los procesos
4. Asistencia del personal
5. Cumplimiento de actividades

Se propone colocar en la entrada de la obra, un cartel con el reconocimiento al personal destacado del mes, con el fin de incentivar a los obreros y mantener una buena productividad en un ambiente laboral amigable.

5.3.5 EVALUACIÓN EX POST DEL PLAN DE TRABAJO

En esta fase es donde se evalúa todo el trabajo ejecutado en las fases anteriores, se miden los resultados y se identifican las causas de posibles problemáticas que se presentaron durante el desarrollo.

Por eso la importancia de establecer objetivos con características SMART, pero sobre todo establecer los alcances claros y medibles. En la evaluación se necesitan parámetros que midan el plan de trabajo, se pueden usar herramientas como la ley de Pareto, asignando porcentajes, comparativas entre procesos, estadísticas, graficas, etc.

Se determina el periodo de evaluación para sacar una estadística en los últimos meses y presentar un diagnostico final post del plan de trabajo, analizar las posibles fallas y las mejoras a implementar para comenzar un nuevo ciclo.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL JUST IN TIME.

En este caso, derivado de la pandemia por COVID 19, el proyecto fue uno de los más afectados, ya que no cuentan con el recurso suficiente para culminar la obra y mucho menos para continuar con la propuesta metodológica para implementar el Just in Time, por lo que los parámetros a evaluar no se podrán mostrar.

Sin embargo, se presentan algunos casos de éxito en México que respaldan la efectividad de utilizar Lean Construction o la filosofía Just in Time en grandes proyectos de edificación.

CASOS DE ÉXITO EN MÉXICO:

- Centro comercial Mitikah
- Torre BBVA Bancomer
- Torre Diana

BIBLIOGRAFIA

- Rivera Esteban, V. M. R. E. (2015). *Programación, Planificación y Control de Obras de Infraestructura Civil, en la República de Guatemala*.
<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3615/1/V%3%ADctor%20Manuel%20Rivera%20Esteban.pdf>
- Antecedentes Históricos de la Gestión por Procesos. (2012). 12–103.
https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/4496/05_marcoTeorico.pdf
- Notas y Apuntes, N. A. (2016, 20 junio). El blog del ingeniero civil - Notas y apuntes. *ingcivil-notasapuntes*. <http://ingcivil-notasapuntes.blogspot.com/2016/06/gerencia-de-proyectos-de-construccion.html>
- Capítulo II Programación de un Proyecto y Proceso Constructivo. (2016). En Desconocido (pp. 5–43).
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/pimentel_t_ra/capitulo2.pdf
- La filosofía del Justo a tiempo. (s. f.). En *Desconocido* (pp. 9–33).
<http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/17827/Capitulo3.pdf>
- Autores varios, A. S. A. M. M. S. S. (2008). *Decimoterceras Jornadas Investigaciones en la Facultad de Ciencias Económicas y Estadística*.
https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/7731/Albano%2CPerez%20Cortes%20Spotorno%20y%20otros_El%20metodo%20justo%20a%20tiempo%20.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Varios colaboradores, A. C. I. U. S. A. C. Q. (2015). *Fundamentos, Especificaciones, Usos y Futuro del Concreto Celular en Guatemala*.
https://www.academia.edu/17659174/Investigacion_Concreto_Celular
- Cervantes Abarca, M. A. C. A. (2008). *Nuevas Tecnologías en Concreto Celular – Concreto Reforzado con Fibra - Concreto Ligero Estructural*. Memorias 2008 Congreso Nacional de Administración y Tecnología para la Arquitectura, Ingeniería y Diseño.
https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/memorias_cong2008/10.pdf

- Mireya Pérez, M. P. (2006). Un Repaso al Concreto Celular. *IMCYC*, 1–6.
<http://www.imcyc.com/ct2006/junio06/TECNOLOGIA.pdf>