



BUAP

BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Facultad de Ingeniería

Secretaría de Investigación y Estudios de Posgrado

**ESTADO ACTUAL DE LA GESTIÓN VISUAL CON LA
METODOLOGÍA LEAN CONSTRUCTION EN VIVIENDA EN
PUEBLA, MÉXICO**

TESIS

Que para obtener el grado de

**MAESTRO EN INGENIERÍA
Con opción terminal en Construcción**

Presenta:

ING. ANGEL DANIEL GARCIA MORA

Asesor de Tesis:

M.I. FERNANDO DANIEL LAZCANO HERNÁNDEZ



Índice

Abreviaturas	I
Índice de Imágenes	II
Índice de Gráficos	VII
Resumen	IX
Abstract	XI
Introducción	1
Capítulo 1. Marco teórico	3
1.1 Antecedentes de Población y vivienda.....	3
1.2 Situación actual de vivienda en México	6
1.3 Transparencia en la construcción	10
1.4 Gestión Visual en Lean Production.....	11
1.5 Formulación del problema	16
1.6 Objetivo general de la Investigación	16
1.7 Objetivos específicos	16
1.8 Hipótesis	16
Capítulo 2. Revisión bibliográfica	17
2.1 Sistema de Producción de Toyota (TPS)	17
2.2 Lean Manufacturing y Lean Production	19
2.2.1 Herramientas y Técnicas.....	21
2.3 Lean Construction.....	23
2.3.1 ¿Qué es Lean Construction?	23
2.3.2 Herramientas y Técnicas de Lean Construction.....	25
2.3.3 Last Planner System ®.....	27
2.3.4 Building Information Modelling	31
2.4 Gestión Visual en Lean Construction.....	35
2.4.1 Antecedentes Históricos.....	36
2.4.2 ¿Qué es la gestión visual?	36
2.4.3 Herramientas Visuales aplicadas a la construcción	42

2.5 Taxonomía de Tezel (2011).....	46
2.6 Modelo de Gestión Visual de Brady (2014)	50
2.7 Project Management Institute®.....	54
Capítulo 3. Método de Investigación	58
3.1 Conocimiento científico.....	58
3.2 Investigación científica.....	59
3.2.1 Enfoque Cuantitativo	60
3.2.2 Enfoque Cualitativo	62
3.2.3 Enfoque Mixto	63
3.3 Alcances de la Investigación.....	64
3.4 Selección de la muestra.....	64
3.5 Recolección de muestra	65
3.5.1 Modelo de encuesta	66
Capítulo 4. Análisis de los Resultados	67
4.1 Generalidades de las obras visitadas	68
4.1.1 Análisis de datos	78
4.2 Generalidades del personal técnico en obra.....	79
4.2 Etapa de Preconstrucción.....	81
4.3 Etapa de Tiempo.....	82
4.5 Etapa de Calidad	87
4.6 Etapa de Seguridad	101
4.7 Etapa de Medio Ambiente.....	107
4.8 Etapa de Cadena de Suministro	110
4.9 Etapa de Recursos Humanos	111
4.10 Análisis de datos de la Gestión Visual en Lean Construction en el estado de Puebla.....	112
Conclusiones.....	114
Bibliografía	116
Anexos	120

Anexo 1. Encuesta aplicada en las entrevistas.....	120
Anexo 2. Diagnóstico de la obra 1	122
Anexo 3. Diagnóstico de la obra 2	124
Anexo 4. Diagnóstico de la obra 3	126
Anexo 5. Diagnóstico de la obra 4	128
Anexo 6. Diagnóstico de la obra 5	130
Anexo 7. Diagnóstico de la obra 6	132

Abreviaturas

5S	Metodología para organizar los espacios, Seiri (Separar), Seiton (Organizar), Seiso (Limpiar), Seiketus (Estandarizar), Shitsuke (Mantener)
Andon	Sistema de señalización que utiliza luces
BIM	Building Information Modelling
ENVI	Encuesta Nacional de Vivienda
GV	Gestión Visual
Heijunka	Nivelar la carga de trabajo
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
JIT	Just in time
Kaizen	Mejora continua
Kanban	Señal visual o Tarjeta para controlar el progreso
LC	Lean Construction
LCI	Lean Construction Institute
LDM	Lean Daily Management
LPDS	Lean Project Delivery System
LPS	Last Planner System®
MUDA	Desperdicios
PAC	Porcentaje de actividades completadas
PMBOK	Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos
PMI	Instituto para la Gestión de Proyectos®
Poka-Yoke	Dispositivo visual físico que evita errores
Takt-Time	Tiempo del ciclo que se calcula como el tiempo de producción disponible entre la tasa de demanda
TPS	Toyota Production System
VDC	Visual Diseño y Construcción
VSM	Mapeo del flujo de valor

Índice de Imágenes

Imagen	1	Filtraciones de humedad en muros	Fuente: https://euskalsec.com/humedad-por-filtracion/	9
Imagen	2	La casa de Lean Construction	Fuente: https://chanomc.wordpress.com/2017/06/16/conoces-la-casa-lean-o-de-la-calidad-del-toyota-production-system/	11
Imagen	3	Telares de Toyoda.	Fuente: https://www.timetoast.com/timelines/historia-de-toyota-63e11787-5ba9-4f5c-b50c-1fb7132584aa	18
Imagen	4	Herramientas de Lean Manufacturing	Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Económicas et al., (2018)	22
Imagen	5	Los desperdicios según Lean Construction	Fuente: https://es.linkedin.com/pulse/los-ocho-desperdicios-fatales-en-lean-construction-medina-c-	25
Imagen	6	Ventana de anticipación del LPS	Ballard, (2000)	30
Imagen	7	Estructura de un modelo, con especialización y subespecializaciones.	Bartels et al., (2003)	33
Imagen	8	Diferentes especialidades en interacción de un modelo BIM.	Adaptada de Adepoju, (2022)	33
Imagen	9	Modelo BIM en diferentes etapas	Fuente: (https://slyg-block.com/gestion/bim-el-modelo-mas-recomendado-para-gestion-de-la-informacion-en-construccion/)	34
Imagen	10	Ciclo de las 5'S	Adaptado de Gao & Low, (2014)	38
Imagen	11	Tableros de control como indicadores visuales.	Fuente: https://sign-graph.com/nuestros-productos/tableros-y-carteleras-duales/	39
Imagen	12	Semáforo vehicular como señal visual.	Fuente: https://fundacioncarlosslim.org/la-importancia-del-semaforo-seguridad-vial/	40
Imagen	13	Señalética visual como control visual	Fuente: https://www.tyt.com.mx/nota/sct-y-sedatu-desarrollaran-norma-de-senalizacion-vial-en-carreteras	41

Imagen 14 Bomba de gasolina como Garantía Visual. Fuente: https://create.vista.com/mx/unlimited/stock-photos/464248556/stock-photo-filling-car-gasoline-insert-red-gun-tank-car-refueling-process/	41
Imagen 15 Herramientas visuales de Galsworth, (1997) dentro de una industria	42
Imagen 16 Ejemplo de tablero Kanban. Fuente: https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/lean-y-kanban	43
Imagen 17 Ejemplo de semáforo Andon. Fuente: https://www.cgisa.es/sistemas-andon/	44
Imagen 18 Ejemplo de tablero ANDON. Fuente: https://www.facebook.com/tablerosdeproduccionags/photos/a.148265829194863/148697662485013/	44
Imagen 19 Tablero Heijunka para la elaboración de tareas A, B, C Y D en un turno laboral. Fuente (Sánchez Baños & Cruz Osnaya, 2017).....	45
Imagen 20 Ejemplo de Poke-Yoke la conexión no embonara a menos que se coloque en la posición correcta Fuente: https://leansisproductividad.com/poka-yoke-calidad	45
Imagen 21. Modelo de gestión visual. Brady, (2014).....	50
Imagen 22 Que hace el hombre de ciencia para obtener conocimiento. Tamayo y Tamayo, (2009)	58
Imagen 23 Metodología de Investigación Científica. Fuente: adaptado de (Hernández Sampieri et al., 2003).....	59
Imagen 24 Proceso Cuantitativo. Fuente Hernández Sampieri et al., (2014).....	60
Imagen 25 Proceso Cualitativo. Fuente: Hernández Sampieri et al., (2014).....	62
Imagen 26 Ubicación de las obras. Fuente: Elaboración propia	68
Imagen 27 Proceso tradicional de construcción Empresa 1. Fuente: Propia	69
Imagen 28 Proceso Constructivo de muros y losas de concreto armado. Empresa 4. Fuente: Propia	70
Imagen 29 Proceso constructivo autosoportante con castillos ahogados. Empresa 5. Fuente: Propia	70
Imagen 30 Modelos de vivienda de Empresa 1. Fuente: Propia	71

Imagen 31 Vista de la obra 2. Fuente: Propia	72
Imagen 32 Construcción de la obra 3. Fuente: Propia	73
Imagen 33 Construcción de la obra 4. Fuente: Propia	74
Imagen 34 Construcción de la obra 5. Fuente: Propia	74
Imagen 35 Desarrollo de obra 6. Fuente: Propia.....	75
Imagen 36 Misión y Política de calidad de la Empresa 5. Fuente: Propia.....	82
Imagen 37 La empresa 1 tiene pegado visualmente su programa maestro. Fuente: Propia.....	83
Imagen 38 Programa maestro de la empresa 5 Fuente: Propia.....	84
Imagen 39 Control de avances semanal de la empresa 2 en forma visual.	85
Imagen 40 Lista de verificación diaria, Empresa 1 Fuente: Propia.....	86
Imagen 41. Modelo 3D de informe de la empresa 4. Fuente. Empresa 4	87
Imagen 42. Acero habilitado de cisternas de obra 1. Fuente: Propia	88
Imagen 43. Colocación de registro eléctrico dentro de la vivienda. Fuente: Propia	88
Imagen 44 Mejoramiento de la rejilla de colector pluvial. Fuente: Propia.....	88
Imagen 45 Mangueras colocadas a la malla electrosoldada para asegurar la posición del registro eléctrico. Fuente: Propia.....	89
Imagen 46 Tubos para asegurar la posición las llaves de regadera.....	89
Imagen 47 Elevación de block a losa de azotea de las viviendas. Fuente: Propia.	90
Imagen 48. Lista de verificación para poder realizar colado de losa de entepiso, empresa 5. Fuente: Propia.....	91
Imagen 49 Protocolo de verificación de colado de losa. Empresa 4. Fuente: Propia	91
Imagen 50 Lista de verificación de acabados para entrega de vivienda. Empresa 1. Fuente: Propia.....	92
Imagen 51. Manual Técnico de prototipo de vivienda de empresa 2. Fuente: Propia	92
Imagen 52 Vigüeta marcada por contratista de la empresa 2. Fuente: Propia.....	93
Imagen 53 Almacén de la empresa 1. Fuente: Propia.....	94

Imagen 54 Almacén de empresa 3. Fuente: Propia	94
Imagen 55 Almacén de la empresa 5. Fuente: Propia.....	95
Imagen 56 Registro sanitario prefabricado. Empresa 1. Fuente: Propia	96
Imagen 57 Registros eléctricos prefabricados, Empresa 4. Fuente: Propia.....	96
Imagen 58 Cisterna prefabricada, Empresa 4. Fuente: Propia.....	96
Imagen 59 Escantillón de ventana, Empresa 4. Fuente: Propia.....	97
Imagen 60 Cimbra metálica para registros sanitarios, Empresa 4. Fuente: Propia	97
Imagen 61, Cimbra metálica para muros y losas, Empresa 4. Fuente: Propia.....	98
Imagen 62 Cimbra metálica para domos y remates de muros, Empresa 4. Fuente Propia.....	98
Imagen 63 Escantillón para puertas, Empresa 5. Fuente: Propia	99
Imagen 64 Cimbra metálica para registros sanitarios, Empresa 5. Fuente Propia	99
Imagen 65 Escaleras para andamios, Empresa 5. Fuente Propia	99
Imagen 66 Cimbra metálica para domos, Empresa 4. Fuente: Propia	100
Imagen 67 Fabricación de viguetas en sitio. Empresa 5. Fuente Propia.....	100
Imagen 68 Señalética para sismo, incendio, equipo de protección personal en la obra, Empresa 1. Fuente: propia.....	102
Imagen 69 Lona de Equipo de protección personal al acceso de la obra, Empresa 1. Fuente: propia	102
Imagen 70 Punto de reunión, Empresa 1. Fuente: propia.....	102
Imagen 71 Cisterna en construcción delimitada con cinta de precaución, Empresa 1, Fuente: propia	103
Imagen 72 Ruta de evacuación en Obra 4, empresa 2. Fuente: propia	103
Imagen 73 Localización de extintor en bodega de contratista, Obra 4, Empresa 2. Fuente: Propia.....	104
Imagen 74 Localización de botiquín de primeros auxilios en almacén de contratista, Obra 4, Empresa 2. Fuente: Propia.....	104
Imagen 75 Delimitación de zona de trabajos con área de visita de posibles compradores. Empresa 4, Fuente: Propia.....	105

Imagen 76 Delimitación de zona de trabajos con área de visita de posibles compradores. Empresa 4, Fuente: Propia.....	106
Imagen 77 Anuncio de máquinas trabajando. Empresa 5. Fuente, Propia.....	106
Imagen 78 Señalética contra incendios en almacén de empresa 5. Fuente: Propia	107
Imagen 79 Delimitación de la obra con el demás fraccionamiento. Empresa 5. Fuente: Propia.....	107
Imagen 80 Separación basura por tipo de residuos, Empresa 4. Fuente: Propia	108
Imagen 81 Delimitación de zona de residuos peligrosos con basura, Pet, cartón, etc. Empresa 4, Fuente, Propia.....	109
Imagen 82 Separación del poliestireno como buena práctica, empresa 2. Fuente: Propia.....	109
Imagen 83 Sistema de gestión de calidad, empresa 5. Fuente: Propia	110
Imagen 84 Premiación visual a la mejor colaboradora del mes en oficina central, Empresa 2. Fuente Propia	112

Índice de Gráficos

Gráfico 1 Habitantes por edad y sexo en el estado de Puebla. INEGI 2020	4
Gráfico 2 Materiales utilizados para la construcción de vivienda. Adaptada de INEGI 2020	5
Gráfico 3 Indicadores de Empresas Constructoras, INEGI 2023	6
Gráfico 4 m ² de superficie de terreno por vivienda. INEGI 2020	7
Gráfico 5 m ² de construcción por vivienda. INEGI 2020.....	7
Gráfico 6 Problemas estructurales en vivienda según. ENVI 2020	8
Gráfico 7 Planeación de tareas Last Planner System Adaptado de Porras Díaz et al. (2014).....	28
Gráfico 8 Sistema de planificación del último planificador Fuente: Porras Díaz et al., (2014).....	30
Gráfico 9 Mapa de procesos de PMBOK https://raulrodriguezchaparro.es/los-procesos-y-las-areas-de-gestion-de-la-direccion-de-proyectos/	57
Gráfico 10 Número de empleados por desarrollos. Fuente: Elaboración propia ..	68
Gráfico 11 Antigüedad de las empresas. Fuente: Elaboración Propia.....	69
Gráfico 12 Construcción por tipo de vivienda por empresas. Fuente: Elaboración propia	73
Gráfico 13 Análisis de precios de vivienda. Fuente: Elaboración propia	76
Gráfico 14 Análisis de precio por vivienda vs \$/m ² y proceso constructivo. Fuente: Propia.....	76
Gráfico 15 Comparativo de habitaciones por prototipo de vivienda por empresa. Fuente: Elaboración propia	77
Gráfico 16 Comparativo de m ² vs baños por vivienda	77
Gráfico 17. Análisis de datos por costo / beneficio	78
Gráfico 18 Cargos ocupados por entrevistados. Fuente: Elaboración propia	79
Gráfico 19 Nivel académico del entrevistado. Fuente Elaboración propia	80
Gráfico 20 Años de experiencia de los entrevistados. Fuente. Elaboración propia	80
Gráfico 21 Encargados de obras visitadas. Fuente: Elaboración propia	81

Gráfico 22 Identificación visual de misión, visión, valores, etc. Fuente: Elaboración Propia.....	81
Gráfico 23 Certificaciones por empresa	82
Gráfico 24 Porcentaje de obras que utilizan una programación semanal. Fuente: Elaboración propia	85
Gráfico 25 Escantillones, prefabricados y otros, que utilizan las empresas. Fuente: Elaboración propia	95
Gráfico 26 Aplicación de la Gestión Visual en el Estado de Puebla.	113

Resumen

La industria de la construcción en México en el sector de vivienda pasa por un bajo nivel de producción, originado por los problemas económicos a causa de la pandemia por COVID-19, la inflación en los precios de los materiales.

El incremento de población que se vive en el país agrava la necesidad de construir hogares para los mexicanos. La necesidad de hacer frente a estos problemas de hogares nos da la oportunidad de buscar nuevas metodologías para su construcción. La Gestión Visual en Lean consiste en obtener de un vistazo la información necesaria para dar a conocer el estado actual de la obra y/o obtener la información necesaria concerniente al proyecto de una manera fácil, practica y que cualquiera la entienda. La utilización de las herramientas como: Kanban, Tableros, Códigos de colores, marcas, letreros, señales, el Last Planner System, la filosofía Lean Construction, modelos 3d o BIM dan el impulso a desarrollar la gestión visual. Esta investigación tiene el objetivo de evaluar el estado actual de la aplicación de la GV bajo la filosofía lean, en el estado de Puebla basado en un modelo propuesto por un grupo de investigación liderado por el doctorante M. en I. Fernando D. Lazcano Hernández, desarrollado en base a diferentes modelos formulados por diferentes autores internacionales que agrupan elementos visuales capaces de compartir la información de forma oportuna reduciendo tiempos de construcción y aumentando calidad, seguridad, preservación al medio ambiente y ambientes de trabajo más fraternos que recaen en una construcción con una alta calidad y bajos costos.

En esta investigación se reveló que las empresas están aplicando la gestión visual sin saberlo, sin contar con una metodología para una buena implementación ya que llegaron a su aplicación por suposiciones.

Se realizaron entrevistas con un cuestionario semiestructurado en modelos internacionales de gestión visual que se encuentran en la bibliografía y la Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (PMBOK) se adaptó a un modelo

propuesto por el doctorante M. en I. Fernando D. Lazcano Hernández como parte de investigación de doctorado para conocer la aplicación de la gestión visual en el estado de Puebla.

Se revelo que las empresas que la utilizan la gestión visual tienen mejores rendimientos, mejores prácticas, controlan mejor sus procesos y recursos y son más amigables con el medio ambiente, sus formas de trabajo son mejores y pueden ofrecer mejores viviendas a sus clientes.

La gestión visual está ayudando a los constructores a hacer frente a las crisis que se han vivido a nivel mundial dando buenos resultados con su implementación.

Abstract

The Mexican construction industry in the housing sector is experiencing a low level of production due to the economic problems caused by the COVID-19 pandemic and inflation in the price of materials.

The increase in population in the country aggravates the need to build homes for Mexicans. The need to address these home problems gives us the opportunity to look for new methodologies for their construction. Visual Management in Lean consists of obtaining at a glance the necessary information to show the current status of the work and/or obtain the necessary information concerning the project in an easy, practical way that anyone can understand. The use of tools such as: Kanban, boards, colour codes, markings, signs, signals, the Last Planner System, the Lean Construction philosophy, 3D models or BIM give the impulse to develop visual management. This research has the objective of evaluating the current state of the application of VM under the lean philosophy in the state of Puebla based on a model proposed by a research group led by the Ph. Fernando D. Lazcano Hernández, developed based on different models formulated by different international authors that group visual elements capable of sharing information in a timely manner reducing construction times and increasing quality, safety, environmental preservation and more fraternal work environments that result in a high quality and low cost construction.

In this research it was revealed that companies are applying visual management without knowing it, without having a methodology for a good implementation since they arrived at its application by assumptions.

Interviews were conducted with a semi-structured questionnaire on international models of visual management found in the literature and the Project Management Body of Knowledge (PMBOK) was adapted to a model proposed by Ph. Fernando

D. Lazcano Hernández as part of his doctoral research to learn about the application of visual management in the state of Puebla.

It was revealed that companies that use visual management have better performance, better practices, better control their processes and resources and are more environmentally friendly, their ways of working are better, and they can offer better housing to their customers.

Visual management is helping builders to cope with the crises that have been experienced worldwide, giving good results with its implementation.

Introducción

En México, existen diversas necesidades en materia de vivienda, como la falta de acceso a un espacio digno para habitar, la escasez de infraestructura básica en algunas zonas y los altos costos para la adquisición de la vivienda para ciertos grupos de la población. Además, se vive una crisis, la cual no se percibe la falta de casas para los habitantes, como en otros países, por la cultura del cobijo familiar, ya que en esta tradición se da hospedaje al hijo, primo, nieto, amigo y compadre, aunque estén amontonados en un lugar pequeño. (INEGI, 2023)

Esta crisis se agrava año con año a causa del aumento de la población y el desplazamiento de la población rural a las grandes ciudades por la búsqueda de una mejor calidad de vida, este hecho genera la necesidad de construcción de espacios para habitar, en tiempos cortos, con una buena calidad y bajos costos. Requisitos que no se pueden alcanzar sin una buena estrategia de planeación y construcción. (INEGI, 2020a)

Si analizamos la expresión coloquial “una imagen dice más que mil palabras”, con fines estratégicos en los procesos que realizan las industrias con una producción en cadena guiado por herramientas como una señalética, división de espacios por un color, tableros de control, protocolos a los procesos, etc. Para obtener eficiencia y eficacia, hacemos referencia a la Gestión Visual.

En el universo de las fábricas, así como dentro de las organizaciones o instituciones como escuelas u oficinas, un supermercado o una calle se incorpora la gestión visual con nuestra vida diaria; con íconos, letreros, señales, semáforos, señales con la intención de identificar artículos dentro de una tienda, restricciones de velocidad o controlar los sentidos de circulación de una vía. La gestión visual permite a los integrantes de un equipo de trabajo visualizar, comprender, comunicar, mejorar los procesos, identificar rápidamente los desperdicios, tomar decisiones informadas y

seguir las acciones necesarias inmediatas que se deban tomar cuando se descubre un problema.

Cuando hablamos de gestión visual nos referimos con el acto de gestionar, por lo tanto, si una publicación, señal o etiqueta visual está gestionando un problema potencial o satisfaciendo las necesidades específicas del problema puede ser una simple imagen. Es parte de la gestión visual hacer obvio lo que es normal y lo que debe hacerse si alguien ve lo que no es normal.

El cambio constante en las diversas industrias productivas del mundo requiere de métodos, modelos, herramientas, filosofías que encaminen a mejorar y perfeccionar los diversos procesos de manufactura. Lean es una filosofía de gestión enfocada en eliminar los desperdicios y optimizar los procesos para lograr eficiencia y satisfacer las necesidades del cliente. Tiene sus raíces en el sector de la fabricación de automóviles. A principios de los años 90's se extendió a diversas industrias, entre ellas al de la construcción. Para el caso de la industria de la construcción en México la filosofía Lean puede ser la solución.

La filosofía Lean (ajustada) proviene del Sistema de Producción Toyota (TPS) tiene un enfoque en el que exista una organización, gestión, procedimientos y relación entre proveedores y clientes para el desarrollo de un producto, en donde se requiera de menos recursos tanto económicos, tiempo, espacio y humanos construyendo un producto sin defectos, una alta calidad sin perder de vista las exigencias y consideraciones del cliente. En resumidas palabras Lean busca que se tenga un producto con la máxima calidad con el costo más bajo, menor tiempo y reduciendo sus desperdicios. (Pons Achell & Rubio Pérez, 2021)

Capítulo 1. Marco teórico

El estado de Puebla es el 5° más importante de México, debido a su población, contrición económica, infraestructura, desarrollo industrial y cultural, su ubicación privilegiada entre la capital y la cercanía con diferentes ciudades importantes del país, se vuelve atractivo a cualquier inversionista ya sea nacional o internacional, la oferta educativa, oportunidades laborales entre otras generan un desplazamiento poblacional al estado de diferentes partes del país, dando la necesidad de construir viviendas (INEGI, 2020).

1.1 Antecedentes de Población y vivienda

Según datos del censo poblacional y vivienda de INEGI, (2020) la población total del estado de Puebla es de 6,583,278 habitantes, lo que corresponde al 5.22% de la población del país. Lo que se divide en 52% de mujeres y 48% de hombres, con una edad promedio de 14 a 20 años. Su distribución poblacional está conformada por 73% en la zona urbana y el 27% en la zona rural. La tasa de crecimiento poblacional del estado hacia el 2050 está calculada en 0.63% anual alcanzando en 2030 una población de 7,134,421 habitantes.

Con los índices demográficos CONAPO, (2019) de 1950- 2050 la esperanza de vida en el estado es 77.8 años para mujeres y 71.7 años para hombres. Para 2019 se registraron 81,200 nacimientos y 38,860 defunciones. Entre los años 2015 y 2020 emigraron del estado 152,359 habitantes, mientras que 162,720 habitantes del país llegaron a vivir a Puebla.

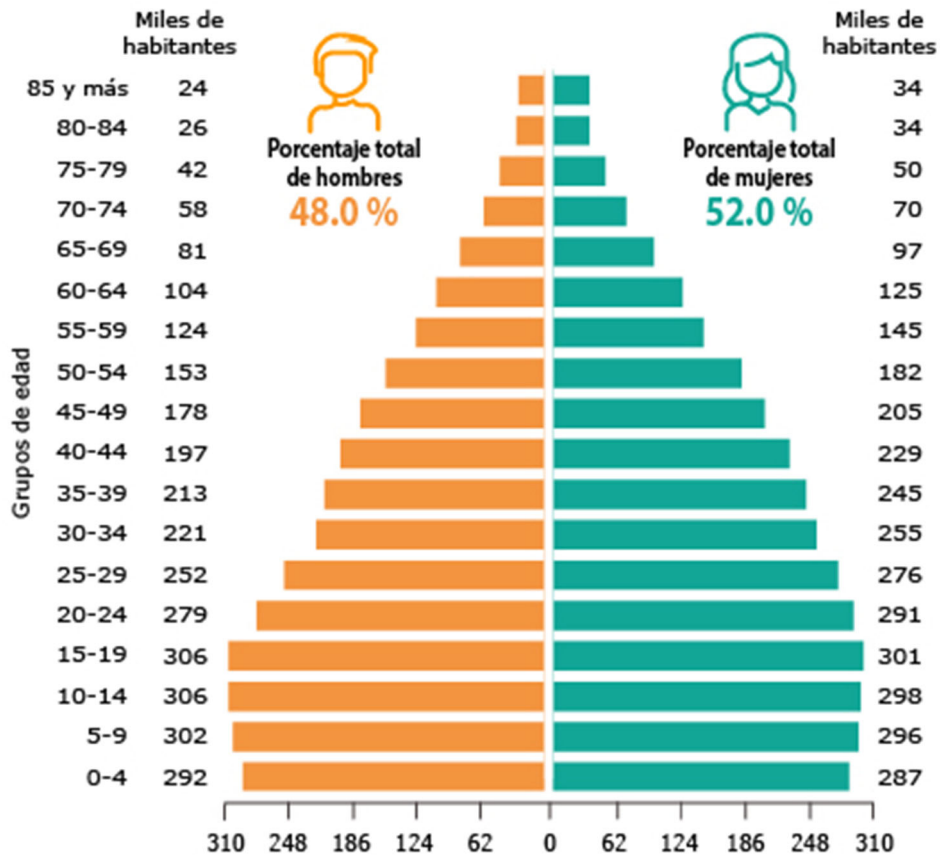


Gráfico 1 Habitantes por edad y sexo en el estado de Puebla. INEGI 2020

Con datos del censo de población y vivienda de INEGI, (2020) en Puebla existen 1,713381 viviendas particulares habitadas. De las cuales el 27% es de tres o más habitaciones mientras que 39 % es de dos habitaciones y el 34% es de una sola habitación.

Los materiales que se emplean para construir estas son; concreto hidráulico, acero, tabique rojo, block, cantera, vigueta y bovedilla de poliestireno o concreto. Estos elementos ofrecen una vida útil larga con bajos costos de mantenimiento.

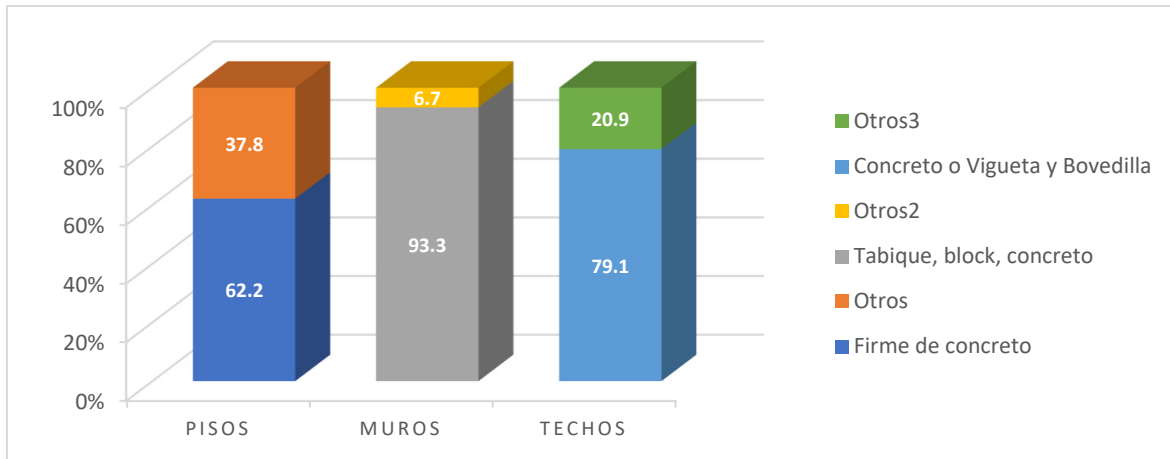


Gráfico 2 Materiales utilizados para la construcción de vivienda. Adaptada de INEGI 2020

Con datos obtenidos, a partir de la Encuesta Nacional de Empresas Constructoras de INEGI, (2023) la industria de la construcción en México se aprecia que se encuentra en una etapa de disminución sostenida en su producción, que se agravó considerablemente debido las restricciones de movilidad e interrupción de actividades no esenciales derivadas de la crisis sanitaria por COVID-19 que se vive en el mundo. Con la reapertura escalonada de las diversas actividades económicas, la construcción ha empezado a recuperar sus niveles de producción similares a las de 2019.

Los proyectos de construcción son limitados, por tanto, deben reclutar a personal calificado en tiempos muy cortos, motivo que hace que exista una rotación de personal alto y no permite llevar a cabo procesos de capacitación efectivos, además que la mano de obra en muchas ocasiones no sea cualificada y por lo mismo tengan un nivel bajo de escolaridad.

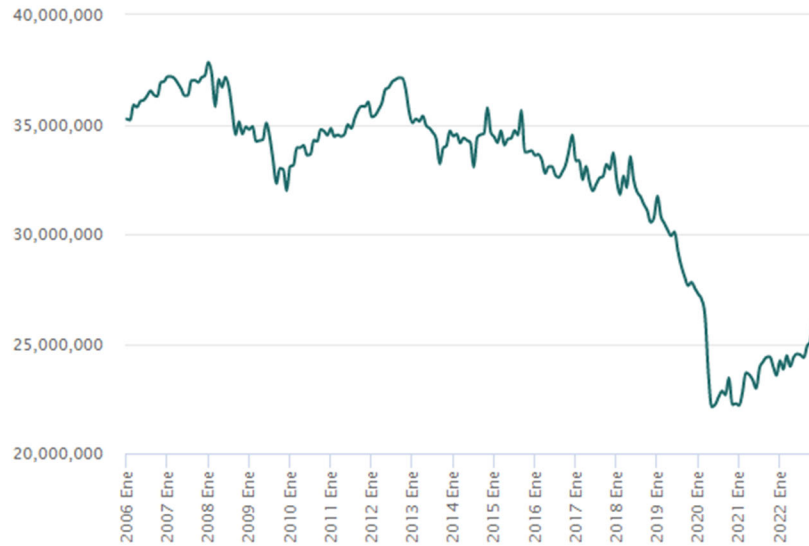


Gráfico 3 Indicadores de Empresas Constructoras, INEGI 2023

La construcción de vivienda, debido a sus requerimientos en procesos constructivos, especificaciones, tipos de suelo, ubicación, habilidades, estructuras, etc. Acopla diferentes equipos de trabajos, razón por la que se considera una industria artesanal.

Es por eso la necesidad de evaluar el estado actual de la implementación y aplicación de la gestión visual en Lean Construction, para generar la ejecución de metodologías y herramientas que encaminen a minimizar o desaparecer problemas anteriormente mencionados. La aplicación de la gestión visual en el marco Lean permitirá obtener un repunte en la industria de la construcción y una oportunidad de emprendimiento para el sector inmobiliario en Puebla.

1.2 Situación actual de vivienda en México

En México existe la necesidad de por lo menos 8 millones de vivienda según la encuesta ENVI de INEGI, (2020) y que se agravara con el incremento de población que se vive en el país.

En México se tienen 4 grupos de clasificación por metros cuadrados de superficie de terreno para vivienda.

- Menos de 90 m²
- De 91 a 160 m²
- De 161 a 300 m²
- Mas de 300 m²

La familias viven en un terreno de 91 a 160 m² lo que permite vivir cómodamente. Aunque muy de cerca muchas familias viven en menos de 90 m². Muchas veces viven más de una familia en esa área.



Gráfico 4 m² de superficie de terreno por vivienda. INEGI 2020

En relación con los m² de construcción de vivienda en el país se cuenta de la siguiente manera

- Menos de 55 m²
- De 56 a 100 m²
- De 101 a 150 m²
- Más de 150 m²



Gráfico 5 m² de construcción por vivienda. INEGI 2020

Las viviendas que están en el rango de 56 a 100 m² de construcción representan la mayor parte de las casas del país con un 41.3%.

Las viviendas según la misma encuesta presentan diversos problemas técnicos respecto a su construcción o de tipo estructural que pueden poner en riesgo la vida o bienestar de sus residentes, esto se traduce en un gasto que deben enfrentar los dueños o en su caso las garantías de los constructores.



Gráfico 6 Problemas estructurales en vivienda según ENVI 2020

Los problemas de humedad o filtración de agua en techos, muros y cimientos son los más señalados, seguidos de las grietas y cuarteaduras que pueden ser provocados por una deficiencia en el proceso constructivo o algún movimiento sísmico. Ambas situaciones se pueden prever o anticipar con una comunicación o transparencia en las actividades que se realizan durante el proceso de construcción.



Imagen 1 Filtraciones de humedad en muros Fuente: <https://euskalsec.com/humedad-por-filtracion/>

Según Audeves Pérez et al., (2013) define en 5 áreas donde más se presentan los orígenes a la fallas para la construcción de vivienda:

- **Diseño:** Especificaciones de la edificación tanto de proyecto como presupuesto que pueden ser vulnerables o no acoplarse a la realidad y diferir de lo diseñado
- **Especificación:** Especificaciones confusas o la falta de ellas que no dan a facilidad sobre materiales utilizados y forma de ejecutar las actividades.
- **Mano de obra:** Personal empleado sin las cualidades requeridas para las actividades
- **Supervisión:** Falta de verificación por parte de residentes de obra en los procesos críticos de los procesos constructivos
- **Organización:** Falta de comunicación efectiva entre los supervisores, residentes y mano de obra de las edificaciones para la ejecución de actividades
- **Suministro de materiales:** Que se cumpla la entrega de materiales en tiempo y calidad de estos, para no generar retrasos o trabajos mal ejecutados

1.3 Transparencia en la construcción

Las malas prácticas que se tienen en la industria de la construcción, por ejemplo, los atrasos en los proyectos, los excedentes de recursos sobre el tope del presupuesto del proyecto, los retrabajos, la mala calidad, surgen a partir de la falta de supervisión, control, comunicación y transparencia de la información del proyecto entre el equipo de trabajo. La falta de transparencia genera incertidumbre, desmotivación insatisfacción, baja productividad entre otras, que se traduce en pérdidas.

Otra realidad que Brady, (2014) analiza, es que debe existir una mayor transparencia en la información para comprender de mejor forma la relación entre actividades y subactividades, así como de los participantes del proyecto para poder anticipar y resolver los problemas antes de que sucedan. La planificación y el control de la producción atraviesa por tres problemas críticos que dificultan una comunicación eficaz, desarrollo de confianza y formación de equipos, que se describen a continuación:

- El proceso de ejecución es lineal y no contiene problemas; es decir, la ejecución de las actividades se inicia suponiendo que se pueden realizar sin ningún contratiempo, lo cual no es así, no se prevén problemas. El resultado de esto conlleva a reprogramaciones e inseguridad durante las actividades diarias.
- La comunicación unidireccional es adecuada para la creación de metas; no hay transparencia de información entre la planeación y la ejecución, no existe una coordinación entre equipos, lo que provoca que sea difícil identificar problemas antes de la ejecución y cuando se descubren es demasiado tarde.
- Las tareas se pueden empezar según los planeado-estipulado sin la necesidad de un análisis de la causa raíz sobre problemas que puedan surgir; no hay un enfoque de comprensión del origen de problemas y fomento de un ciclo de aprendizaje para proyectos futuros.

La construcción ajustada (Lean Construction) plantea la optimización de las actividades del proceso, para agregar valor a un proyecto mientras se reducen las que no lo hacen, además de ejecutarlo en menor tiempo. Lean está basado en los pilares de Justo a tiempo (JIT) que es producir lo necesario en el tiempo adecuado y Jidoka que es detectar el problema y resolverlo antes del siguiente proceso. Que se sustentan y perfeccionan a través de interacciones de trabajo estandarizado y mejora continua (Kaizen).

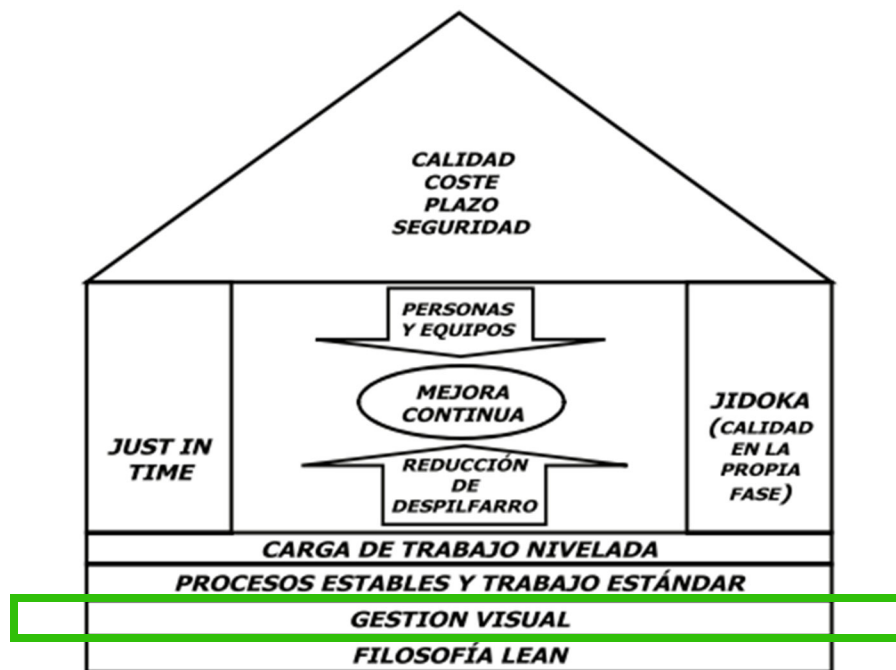


Imagen 2 La casa de Lean Construction Fuente: <https://chanomc.wordpress.com/2017/06/16/conoces-la-casa-lean-o-de-la-calidad-del-toyota-production-system/>

1.4 Gestión Visual en Lean Production

La Gestión Visual (GV) es una de las bases del Sistema de Producción de Toyota (TPS), porque facilita la comprensión y comunicación de la información al proporcionar una representación visual clara y rápida del estado del proceso de trabajo. El TPS es el precursor de la filosofía de Lean Production que más tarde fue adaptado a la construcción naciendo Lean Construction. La gestión visual tiene un papel crucial para la creación de transparencia.

¿Qué es la gestión visual?

El Visual Management o Gestión Visual es clave en cualquier espacio de trabajo, pues permite la fácil y rápida comprensión del estado actual, del objetivo y proceso a seguir para lograr desempeñar el trabajo requerido. Facilita la aplicación del sentido común, aumenta la curva de aprendizaje y permite mantener a todo el equipo en sintonía.

El objetivo principal de esta metodología es lograr que la situación se comprenda fácilmente de un solo vistazo, en el que obtener una mayor cantidad de información sea más fácil con la observación más breve posible

Su uso facilita la comunicación, mejora la comprensión de la información, aumenta la eficiencia de los procesos. Implementarla en la estandarización de procesos para un producto utilizando tablas de control de calidad, con los que se pueden monitorear diversas áreas.

Una de las principales ventajas es relativa al control de operaciones. Mediante un registro de roles, tiempos de operación, calidad, recursos humanos, pudiendo revisar el estado actual del proceso en cuestión y realizar comparativa de la misma en periodos pasados. En esta destacaremos en diferentes colores los resultados (verde para los progresos, amarillos que requieren mediana atención, rojo cuando hay problemas o números no deseados) para la elaboración de gráficos y diagramas.

Otro campo donde se puede aplicar la gestión visual es en los almacenes, registrar y hacer visibles los productos evitará que se quede sin stock la línea de producción. También brinda la bondad que con una correcta interpretación detectar los posibles despilfarros.

Algunas ventajas de la gestión visual de proyectos:

- Visualizar todos los proyectos y flujos de trabajo que están en marcha a la vez, así como las metas más importantes
- Asignar mejor los recursos, se puede identificar qué está haciendo cada miembro del equipo y cuando terminara cada tarea
- Planificación y organización de los diferentes equipos
- Seguimiento en tiempo real del estado de un proyecto
- Toma rápida de decisiones ya que se podrán detectar los errores en el momento y resolver desde su causa raíz.

Desventajas de la gestión visual

- Sobre carga de información visual; si se utiliza demasiada información visual, puede resultar abrumador y dificultar la comprensión de la información importante.
- Dependencia del acceso visual: La gestión visual puede excluir a las personas con discapacidades visuales
- Limitaciones en la representación de datos complejos.
- Costo y tiempo para su implementación, las herramientas visuales pueden requerir inversiones significativas en términos de tiempo, recursos financieros y recursos humanos.

En la bibliografía podemos encontrar casos prácticos que se han desarrollado en Europa, Asia y América Latina.

Un ejemplo práctico lo describe Gao & Low, (2014) en un proyecto en Wuhan, China que consistía en la construcción de dos hoteles, tres edificios de oficinas, dos centros comerciales y cinco edificios residenciales de alta gama, donde se ha realizado la aplicación de la gestión visual y principios Lean Construction. El proyecto fue dividido en dos etapas y cinco zonas de trabajo. En la fase 1 se realizó:

1. Hotel 5 estrellas (20 pisos con dos pisos añadidos sobre la marcha)
2. Edificio de oficinas (34 pisos en proyecto original y 8 añadidos sobre la marcha)

Para la planificación y control utilizaron herramientas de lean Construction y Last Planner System ® de “elementos cumplidos”, que consta de marcar las actividades finalizadas con éxito y las actividades con demora; las finalizadas se marcaban en color gris y posicionaban en la casilla “cumplidas”, en cambio las que no estaban finalizadas se debía marcar las observaciones de por qué no se habían terminado y posteriormente, justificar la nueva fecha de finalización. En la zona de trabajos tenían una pantalla led grande que mostraba a todos la información del proyecto además de los día que restaban para concluir las actividades.

Otro método de gestión visual en el mismo proyecto aplicado fue el “embellecimiento de la obra” que consistía en tener limpio el sitio de trabajo, se animaba a los trabajadores a destinar 30 minutos para realizar acciones de limpieza. El espacio organizado generaba un entorno agradable que aumentaba el rendimiento y estado de ánimo de los trabajadores.

Respecto a los inventarios, se colocaban tarjetas Kanban de diferentes colores a los elementos para organizarlos y saber a qué tarea estaban asignados, lo que evitaba hacer retrabajos de transporte dentro de la obra.

Aunque el proyecto en la fase 1 se enfrentó a diversas dificultades técnicas como problemas de salud y seguridad ocasionadas por la excavación de la cimentación, también enfrento los siguientes problemas externos:

1. una mala preparación preliminar,
2. plazos justos en la programación,
3. cambios constantes de diseño.

La aplicación de las herramientas antes descritas dio como resultado:

1. El diseño del proyecto del hotel empezó 32 días después de lo planeado.
La construcción del hotel empezó 12 días después de lo planeado.
La finalización de la estructura principal termino 47 días antes de lo planeado.

2. El diseño del proyecto del edificio de oficinas empezó 80 días después de lo planeado.

La construcción del edificio de oficinas empezó en la fecha establecida.

La finalización de la estructura principal termino 150 días antes de lo planeado.

Lo que demuestra que la aplicación de lean y la gestión visual generan mejores rendimientos, menor tiempo de construcción y, por lo tanto, reducción de costos.

Esta investigación pretende establecer en qué medida las empresas utilizan la gestión visual en la construcción de vivienda en el estado de Puebla, evaluando las herramientas visuales como tarjetas Kanban, señalamiento en el sitio de construcción, pantallas o tableros informativos, manuales de procedimientos operativos, embellecimiento del lugar de trabajo, metodología 5's y recomendaciones para la mejora de su aplicación.

Aunque existen diferentes metodologías y modelos de gestión visual como el presentado en la tesis doctoral de Brady, (2014) y la de Tezel et al., (2015) no contemplan un orden de cómo aplicar la misma. Pero establecen las bases de un modelo del cual se pueden evaluar y medir la utilización de la gestión visual en Lean en el sector de la industria de la construcción de Vivienda. El cual se desarrollará en el capítulo 2 como una revisión de la bibliografía.

1.5 Formulación del problema

¿En qué medida las empresas constructoras están aplicando la gestión visual en lean dentro de sus diferentes etapas de proyecto para construcción de vivienda en Puebla, México?

1.6 Objetivo general de la Investigación

Determinar el estado actual de la aplicación de gestión visual con la metodología Lean Construction para la construcción en diferentes etapas del proyecto como planificación, control, calidad de construcción, etc. de viviendas en Puebla, México.

1.7 Objetivos específicos

- Reconocer las herramientas de gestión visual que se utilizan para la construcción de vivienda.
- Conocer el estado actual de la aplicación de la gestión visual en la construcción de vivienda en el estado en las empresas constructoras.
- Comparar las empresas constructoras de vivienda, en el estado de Puebla, con base en los estudios de caso en campo de la aplicación de gestión visual.

1.8 Hipótesis

La aplicación de la gestión visual en Lean Construction para la construcción de vivienda dentro del estado en Puebla está siendo utilizada adecuadamente por las empresas para reducir costos y edificar casas con mejor calidad.

Capítulo 2. Revisión bibliográfica

Este capítulo se centrará en dar un repaso a la bibliografía para poder analizar y medir el uso de la Gestión Visual por el sector dedicado a la vivienda en Puebla, México, empezando por los antecedentes de Lean y su aplicación en los proyectos, un análisis de la gestión visual, herramientas y su papel para generar transparencia en todas las actividades del proyecto además del control de la producción en los proyectos.

2.1 Sistema de Producción de Toyota (TPS)

Toyota antes de ser un fabricante de automóviles, dedicaba sus energías y conocimientos a la producción textil. Sakichi Toyoda quien se dedicaba a la carpintería, veía a su madre tejer con muchas dificultades, cansado de eso aplico en 1891 sus conocimientos de carpintero para crear el primer telar manual de madera, con él aumentaba su productividad entre un 40% y 50%

En 1986 innovo el primer telar de madera dando paso al primer telar mecanizado en Japón. Una máquina de bajo costo y capaz de prevenir los defectos, porque se detenía inmediatamente cuando había alguna irregularidad en la elaboración, con lo cual no había telas defectuosas y se evitaba que las personas estuvieran pendientes y/o vigilando las maquinas. A lo que más tarde acuño como Jidoka o automatización.

Años más tarde y con diversas patentes de sus equipos, Toyoda desarrollo el prototipo G (con movimiento de cambio de lanzadera continuo), que permitió aumentar aún más la eficiencia de sus máquinas y producir a gran escala, al combinar la producción en masa con altos niveles de calidad.



Primer telar manual de madera, 1891



Primer telar mecanizado, 1896



Primer telar automático modelo G, 1924

Imagen 3 Telares de Toyoda. Fuente: <https://www.timetoast.com/timelines/historia-de-toyota-63e11787-5ba9-4f5c-b50c-1fb7132584aa>

Para el año de 1926 Sikichi Toyoda fundo su propia empresa de telares automáticos que nombro como “Toyoda Automatic Loom Works”. Para 1929 Toyoda viajo a los Estados Unidos de América dónde adquirió el gusto por los automóviles, también en ese mismo año vendió patentes de sus telares a la empresa Británica Platt Brothers por 100,000 libras dejando esa herencia como legado a su hijo Kiichiro Toyoda con la promesa de que desarrollara su mayor sueño la producción de automóviles.

Para 1930 Kiichiro Toyoda comienza a investigar los motores a gasolina y para ello se traslada a Norteamérica, llevando muy presentes los lemas de la automatización autónoma, propia de la empresa de su padre, pero añadiéndole su propia metodología de aprendizaje: observar, probar y equivocarse.

Con estas premisas, en 1933 Kiichihiro Toyoda funda Automóviles Toyoda como una división de la empresa de telares automáticos de su padre y no es hasta 1935 que Toyoda lanza su primer vehículo automóvil: el Toyoda AA, un sedán de seis cilindros en bloque y cambio manual de tres velocidades que cubicaba 3.389 cm³ entregando 62 CV de potencia.

Pero cuando el flamante automóvil está casi a punto de lanzarse, el cuñado de Kiichiro Toyoda, Risaburō Toyoda, propone cambiar el nombre familiar de la empresa por “Toyota” y expone por qué en tres argumentos:

- es más sencillo fonéticamente,
- es más sencillo visualmente,
- se compone de ocho trazos, un número que da suerte.

Con esos argumentos bastan para diferenciar las industrias de Toyoda, que de hecho continuarán fabricando telares y la Toyota Motor Company, una empresa que nace como industria independiente en 1937 y que pronto adopta la filosofía Just in time fabricando bajo demanda para hacer más eficientes sus procesos de montaje, que además se inspiran en el modelo de fabricación en serie creado en Estados Unidos. Estos dos detalles serán la clave del desarrollo de la Toyota Motor Company.

En 1948, Kiichiro Toyoda abandona la Toyota Motor Company, inmersa en una crisis financiera y toma el relevo Taiichi Ohno, quien desarrolla el sistema de producción Pull (jalar). De esta forma, los componentes necesarios para la producción ya no dependen de los pedidos actuales, sino que se reponen en función de los pedidos ya servidos y facturados.

El Sistema de Producción Toyota tiene cuatro objetivos básicos que consisten en estos valores y objetivos:

1. Proporcionar calidad de clase mundial y servicio al cliente
2. Desarrollar el potencial de cada empleado, basado en el respeto mutuo, confianza y cooperación
3. Reducir los costos mediante la eliminación de desperdicios y maximizar las ganancias
4. Desarrollar normas de producción flexibles basadas en la demanda del mercado

2.2 Lean Manufacturing y Lean Production

El termino de Lean Manufacturing aparece por primera vez en 1991 en el libro “La máquina que cambio al mundo” de James P. Womack, Daniel T Jones y Daniel

Roos. Esta metodología es considerada como Sucesora del TPS. Aplica los instrumentos desarrollados por Toyota. Tiene cinco principios fundamentales; Valor, Flujo de Valor, Flujo, Atracción y Perfección, para un mejor funcionamiento de cualquier empresa.

1. Determinar el valor del producto a los ojos de los clientes: Este principio sugiere que una empresa debe determinar con precisión el valor del producto a los ojos de los clientes.
2. Identificar y clarificar el flujo de valor para el producto: El segundo principio recomienda identificar cuidadosamente los procesos que el producto experimenta desde el comienzo de la etapa de producción hasta la entrega del producto al cliente. Simultáneamente, el valor se contribuye a etapas particulares del desarrollo del producto. Esto se conoce como mapa de flujo de valor.
3. Proporcionar un flujo de valor rápido y sin interrupciones: El tercer principio se centra en eliminar los factores que inhiben el proceso de producción y prolongan el tiempo de espera del cliente. Estos factores se definen como desperdicios, en Japones "MUDA".
4. Permitir a los clientes obtener valor del producto Pull: El cuarto principio establece que la empresa debe comenzar a producir el producto a demanda del cliente. Implica producir aquello que pide el proceso siguiente, cuando lo solicite y en la cantidad pedida. Por lo anterior implica una sincronización del conjunto y no de una parte de ese conjunto.
5. Luchar por la excelencia: El quinto principio apunta a una mejora constante del flujo de valor.

Liker, (2004) resalta "Para ser un fabricante Lean, se requiere una forma de pensar que se centre en hacer que el producto fluya a través de procesos que añadan valor sin interrupción (flujo de una sola pieza), un sistema de jalar que caiga en forma de cascada basado en la demanda del cliente, reabasteciendo únicamente lo que la siguiente operación consume en intervalos cortos de tiempo y una cultura en la cual cada uno esté continuamente esforzándose por mejorar".

El principio de “valor” es el punto de partida para la aplicación del Pensamiento Lean: determinar las principales características de un producto y lo que un cliente está dispuesto a pagar por él.

2.2.1 Herramientas y Técnicas

Para poder llegar a maximizar el valor para el cliente al eliminar los desperdicios y aumentar la eficiencia en los procesos de producción, Lean Production utiliza estas herramientas:

1. Kanban: Un Sistema visual que ayuda a controlar y gestionar el flujo de trabajo, utilizando tarjetas o señales para indicar progreso y las necesidades de producción
2. Just in Time (JIT) Se basa en producir y entregar los productos en el tiempo y espacio correcto, evitando la acumulación de inventario y reduciendo costos asociados.
3. 5s: Una metodología para organizar los espacios de trabajo de forma eficiente.
4. Kaizen; Término en Japonés que refiere a la mejora continua. Fomentando la participación de todos los miembros del equipo en la identificación y solución de problemas.
5. Value Stream Mapping (VSM): Una herramienta para visualizar y analizar el flujo de valor en los procesos de producción, identificando áreas de mejora y eliminando actividades que no agregan valor.

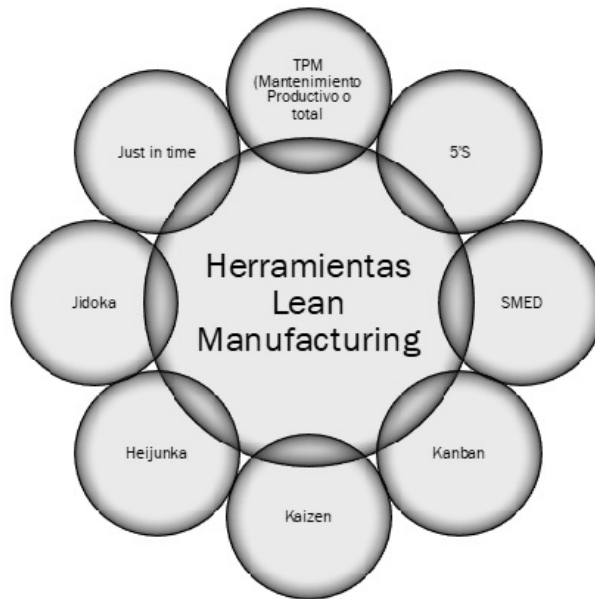


Imagen 4 Herramientas de Lean Manufacturing Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Económicas et al., (2018)

Para poder lograr un buen JIT se pueden aplicar las siguientes herramientas:

- Takt-Time: es el ritmo de la demanda del cliente. Es un indicador de cuánto tiempo hay disponible para producir una pieza en función del tiempo de funcionamiento disponible y la demanda del cliente.
- Kanban: se transmite información (en tarjetas) con la intención de influir en el comportamiento (solo se entrega la cantidad especificada en las tarjetas).
- Flujo continuo (Continuous Flow): permite que el material y la información fluyan rápidamente y vincular procesos y personas para que los problemas surjan de inmediato
- Cambio rápido (Quick Changeover): reduce la cantidad de tiempo que lleva configurar una máquina para producir la siguiente parte Liker, (2004)
- Paradas automáticas (Automatic stops): técnica que permite que las máquinas se detengan automáticamente cuando se detecta el problema. Llama la atención cuando hay un problema y previene que se produzcan más errores al detener el proceso.
- Poka-Yoke: un dispositivo físico que evita errores o llama la atención sobre ellos al detener la producción Liker, (2004). El propósito es evitar, corregir o

señalar los errores del producto o proceso a medida que surgen, con el fin de eliminar sus defectos.

- Andon: es un sistema de señalización que utiliza luces o banderas para indicar que el equipo se ha apagado como resultado de un problema de calidad Liker, (2004)
- 5 porqués: comprender la raíz del problema preguntando “por qué” 5 veces

2.3 Lean Construction

Como mencionan Porras Díaz et al., (2014) la verificación de los nuevos sistemas de gestión implementados en las principales industrias constructoras del mundo, que han demostrado obtener excelentes resultados, merece especial atención debido a la importancia de la industria de la construcción en la economía de un país, Lean Construction es una de ellas.

2.3.1 ¿Qué es Lean Construction?

Lean Construction conocida también como “Construcción sin pérdidas” “Construcción esbelta”, “Construcción ajustada” entre otros que podemos encontrar en la bibliografía, se origina de la industria manufacturera japonesa, en la década de 1990 diferentes expertos en construcción comenzaron a adaptar estos principios a la industria de la construcción. El éxito obtenido de los principios Lean en diferentes industrias y los beneficios procedentes de su uso, es una de las principales motivaciones para adoptar principios. Gao & Low, (2014).

El Lean Construction Institute (LCI) (<http://www.leanconstruction.org>) define a Lean Construction (LC) como un enfoque de producción basado en la gestión para la entrega de proyectos que es particularmente útil en proyectos complejos, inciertos y rápidos.

Koskela, (1992) definió en su documento “Aplicación de la Nueva Filosofía de Producción a la Construcción” a LC como una forma de diseñar sistemas de producción para minimizar el desperdicio de materiales, tiempo y esfuerzo para generar el máximo valor posible.

Según Pons Achell, (2014) la verificación de nuevos sistemas de gestión implementados en la industria de la construcción a nivel mundial es crucial debido a la importancia de esta industria en la economía de un país. Lean Construction busca la excelencia a través de la mejora continua, minimizando actividades que no agregan valor, optimizando recursos, maximizando el valor para el cliente y reduciendo costos, al tiempo que garantiza calidad, seguridad y sostenibilidad ambiental. Busca alcanzar estos objetivos en todas las etapas del ciclo de vida de un proyecto de construcción, involucrando a todas las partes interesadas e integrándolas bajo un objetivo común basado en los principios Lean.

Emmitt. Stephen, (2014) menciona “el término lean Construction tiende a ser interpretado de manera bastante amplia, que va desde un término para incluir diseño y actividades de construcción a interpretaciones muy limitadas relacionadas con funciones de producción específicas y/o aplicación de herramientas por parte de los contratistas”.

Desde los inicios de Lean se han clasificado diferentes tipos de desperdicios en la construcción:



Imagen 5 Los desperdicios según Lean Construction Fuente: <https://es.linkedin.com/pulse/los-ocho-desperdicios-fatales-en-lean-construction-medina-c->

2.3.2 Herramientas y Técnicas de Lean Construction

Algunas herramientas y técnicas comunes utilizadas en LC son las siguientes:

- Last Planner System® (LPS): Un Sistema de planificación colaborativa que involucra a todos los miembros del proyecto para mejorar la eficiencia y la comunicación.
- Lean Project Delivery System (LPDS): Una metodología de trabajo propia de LC basada en un proceso colaborativo integral. Que facilite el alineamiento de objetivos de los diferentes agentes involucrados, recursos y restricciones en las etapas de proyecto, diseño, suministro, ejecución y mantenimiento.
- Value Stream Mapping (VSM): Una técnica para analizar y visualizar el flujo de trabajo actual con el objetivo de identificar y eliminar desperdicios.
- 5S: Una metodología para organizar y mantener limpio la zona de trabajo
- Kanban: Sistema visual de gestión de tareas que ayuda a controlar el flujo de trabajo y minimizar el tiempo de espera.
- Pull Planning: Un enfoque colaborativo para la planificación en el que los equipos trabajan juntos para determinar las actividades necesarias y las dependencias entre ellas.

- Lean Daily Management (LDM): Un proceso diario de revisión y mejora continua para gestionar y resolver problemas rápidamente.
- Building Information Modelling (BIM): Se utiliza para crear modelos digitales en 3D de edificios, infraestructuras y proyectos de construcción. Estos modelos contienen información detallada sobre los elementos y componentes del proyecto, lo que facilita la colaboración entre los diferentes equipos y mejora la eficiencia en la planificación y ejecución de obras.

2.3.2.1 Ventajas de lean Construction

- Reducción de desperdicios: Lean Construction se centra en eliminar actividades que no agregan valor, lo que reduce el tiempo y los recursos desperdiciados.
- Mayor eficiencia: Al eliminar desperdicios y optimizar los procesos, Lean Construction mejora la productividad y reduce los tiempos de entrega.
- Mejora en la calidad: Al enfocarse en la detección temprana de problemas y la mejora continua, Lean Construction ayuda a evitar errores y defectos, mejorando la calidad de los proyectos.
- Mayor colaboración: Lean Construction fomenta la colaboración entre todos los miembros del proyecto, lo que mejora la comunicación y la toma de decisiones.
- Mejor satisfacción del cliente: Al reducir los tiempos de entrega, mejorar la calidad y ofrecer un mayor valor, Lean Construction ayuda a aumentar la satisfacción del cliente.
- Mayor rentabilidad: Al reducir costos, mejorar la eficiencia y aumentar la satisfacción del cliente, Lean Construction contribuye a una mayor rentabilidad para las empresas de construcción.

2.3.2.2 Desventajas de Lean

- Resistencia al cambio: Implementar Lean Construction requiere un cambio en la cultura y las prácticas de trabajo, lo cual puede enfrentar resistencia por parte de los miembros del equipo y las partes interesadas.
- Necesidad de capacitación: Para aplicar eficazmente Lean Construction, es necesario capacitar a todo el equipo en los principios y herramientas correspondientes, lo cual puede requerir tiempo y recursos adicionales.
- Limitaciones en proyectos complejos: La metodología Lean Construction puede ser más difícil de aplicar en proyectos de gran escala o con alta complejidad técnica, donde hay múltiples variables y dependencias.
- Riesgos de sobre optimización: Existe el riesgo de enfocarse demasiado en la eficiencia y la reducción de desperdicios, lo que podría descuidar otros aspectos importantes como la calidad o la seguridad.
- Dependencia de la colaboración: Para obtener los beneficios completos de Lean Construction, se requiere una fuerte colaboración entre todos los actores del proyecto. Si la colaboración es deficiente, los resultados pueden verse afectados.

2.3.3 Last Planner System ®

El Last Planner System® (Sistema del último planificador, LPS) fue desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howel como un sistema de planificación y control de la producción para mejorar la variabilidad en los sitios de construcción y la disminución de las incertidumbres en las actividades programadas Ballard, (2000). Esta es una de las herramientas fundamentales de la filosofía Lean Construction.

La idea detrás de este sistema es centrarse en el “último planificador” en la cadena jerárquica de planificadores en la interfaz de ejecución, de modo que las asignaciones de trabajo que son posibles se introduzcan en el sistema en lugar de

empujarlas. Estas tareas pueden entrar en la fase solo si la fase de ejecución anterior ha cumplido con todos los requisitos previos y no se asume que las tareas están listas desde el inicio de un proceso o de la autorización como es el caso en la gestión de proyectos tradicional.

El LPS se puede definir como un proceso para convertir "lo que se supone que se debe hacer" en "lo que realmente se puede hacer". Esto implica crear una lista de tareas realizables que se pueden incluir en los planes de trabajo semanales. La responsabilidad de incluir estas asignaciones en los planes de trabajo recae en los supervisores, jefes de obra, etc., y refleja lo que realmente se llevará a cabo.

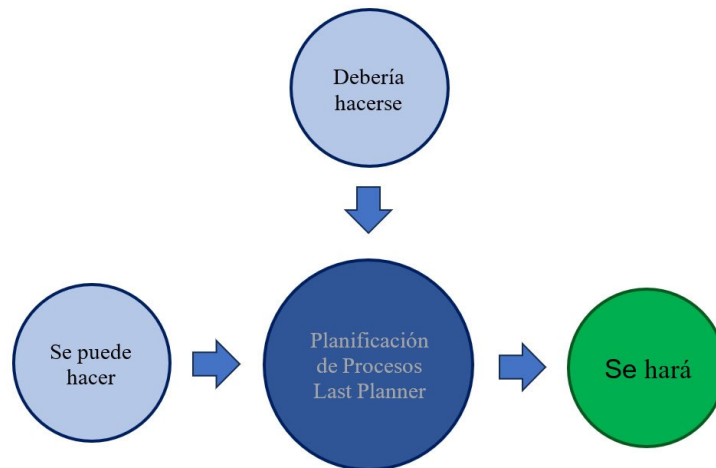


Gráfico 7 Planeación de tareas Last Planner System Adaptado de Porras Díaz et al. (2014)

La planificación adecuada se convierte en uno de los métodos más eficaces para aumentar la productividad, ayudando a mejorar la producción eliminando esperas, realizando las operaciones en el orden más conveniente y coordinando las subordinación, la interdependencia de muchas actividades realizadas.

Para que una buena planificación ocurra se deben superar algunos obstáculos presentes en la construcción, como son los siguientes según (Ballard, 2000)

- La planificación no está diseñada como un sistema, sino que depende de las habilidades y talentos del profesional encargado de la programación.

- No se mide el desempeño del sistema de planificación.
- Los errores de planificación no se analizan con alguna metodología y no se documenta la causa de su aparición.

Como menciona Porras Díaz et al., (2014) todas las tareas tienen tres categorías: deben, pueden y se harán, estas actividades se reflejan en un nivel de programa de planificación en diferentes tiempos descrita a continuación:

- Programa maestro: indica la programación de toda las actividades que se deben realizar y que forman parte del proyecto, esta se realiza en forma de diagrama de Gantt, donde se establecen tiempos de inicio y fin de cada actividad.
- Programa intermedio: se destacan las actividades que se espera realizar en un futuro próximo. Aquí se controla la coordinación de diseño, proveedores, recursos humanos, requisitos previos para la realización de actividades e información para que los equipos de trabajo alcancen sus objetivos en obra. Esta información debe estar integrada por 1) Definición del intervalo de tiempo, 2) Definición de las actividades que serán parte del plan intermedio, 3) Análisis de restricciones y 4) Intervalo de trabajo ejecutable
- Plan semanal: Esta información representa el más alto nivel de detalle antes de realizar el trabajo lo llevan a cabo todos los que supervisan directamente la ejecución de los trabajos en obra. El porcentaje de actividades completadas (PAC) mide para conocer la cantidad de actividades planificadas que realmente se realizaron en la instalación como porcentaje y así medir la efectividad de la planificación semanal y tabular las razones por las cuales el PAC no es 100% exacto para corregirlos en la siguiente semana. Esta información debe estar integrada por 1) Formación del programa de trabajo semanal, 2) Porcentaje de programa cumplido y 3) Reunión de planificación semanal

- Falta de definición de funciones del equipo
- Información no tratada adecuadamente
- Falta de atención en el tiempo para la implementación de mejoras
- Falta de integración de la cadena de suministro de producción

Dos fuentes claves que se muestran como barrera para la implementación del LPS son: 1) la falta de compromiso del equipo que se refleja en la incorrecta ejecución del sistema y 2) se refiere a la falta de comunicación clara y adecuado uso de los datos de información

2.3.4 Building Information Modelling

El Building Information Modelling (BIM) o Modelado de Información de Construcción es un enfoque o proceso colaborativo para crear y gestionar información de un proyecto a lo largo de todo el ciclo de vida del proyecto. La información contenida puede ir desde la planificación, diseño, construcción y gestión del edificio a información detallada como podría ser la geometría, diseño de la construcción, equipo, proceso de construcción, renovación, propiedades física y funcionales y demolición. Este es un modelo centralizado en el que todas las partes interesadas del proyecto pueden trabajar de manera conjunta y eficaz.

Como menciona Adepoju, (2022) el BIM es una representación digital avanzada de un edificio que contiene datos ricos y está orientada a objetos. BIM permite mostrar todo el ciclo de vida de una instalación, incluyendo la geometría, las relaciones espaciales, los detalles geográficos, las cantidades y propiedades de los elementos de construcción, las estimaciones de costos, los inventarios de materiales y el cronograma del proyecto. Al utilizar BIM, los proyectos pueden ser construidos virtualmente antes de ser construidos físicamente, lo que ayuda a evitar problemas e insuficiencias durante el proceso de construcción.

BIM es un proceso altamente colaborativo que permite que múltiples partes interesadas y profesionales especialistas colaboren en la planificación, diseño y

construcción de un proyecto de construcción, tiene cuatro características de diferentes puntos de vista:

- Intercambio de información: Poner a disposición de todos los participantes la información involucrada al proyecto.
- Gestión de información: Información y su intercambio para completar exitosamente el proyecto como son, adquisiciones o compras, organización, almacenamiento.
- Visual, Diseño y Construcción: Se utiliza como un sistema de información integrado que respalda los procesos definidos en forma visual diseño y construcción (VDC).
- Dimensión extra a los Modelos 3D: Facilita toda la información necesaria requerida por todos los participantes del equipo del proyecto.

Generalmente los modelos se dividen por disciplinas individuales como Arquitectura, Estructura, Instalaciones, como menciona Bartels et al., (2023). Esto hace que los especialistas de su área trabajen de forma individual, pero simultanea lo que resulta en:

- Se evitan demasiados datos, porque se trabaja sobre un solo modelo.
- Queda un registro de los datos
- Las disciplinas individuales muestran solo aquellas clases, objetivos, atributos y parámetros que son importantes.

El concepto de multimodelo ofrece la posibilidad de combinar diversos modelos especializados. Esto implica que, además de los modelos tradicionales especializados, como el diseño estructural o la ingeniería de servicios de construcción, también se pueden integrar aspectos de sostenibilidad como un modelo especializado dentro del proceso general.

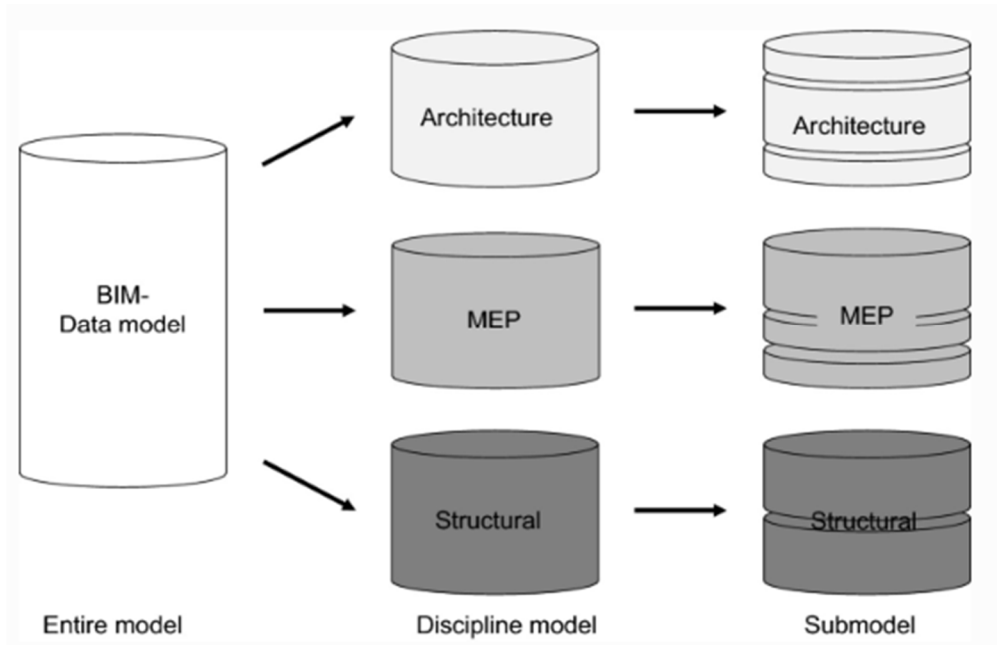


Imagen 7 Estructura de un modelo, con especialización y subespecializaciones. Bartels et al., (2003)

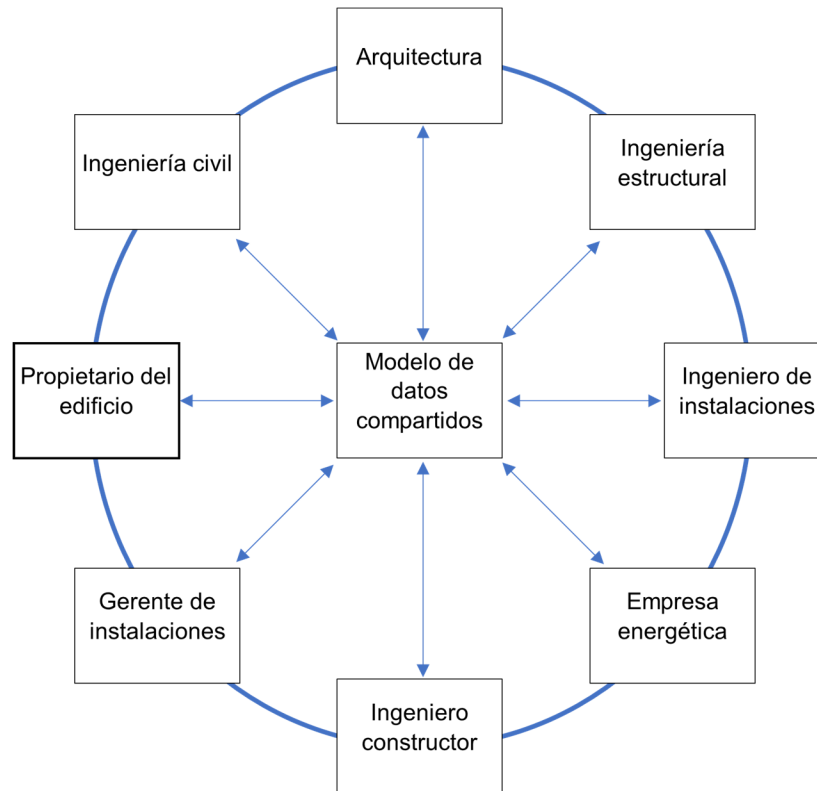


Imagen 8 Diferentes especialidades en interacción de un modelo BIM. Adaptada de Adepoju, (2022)

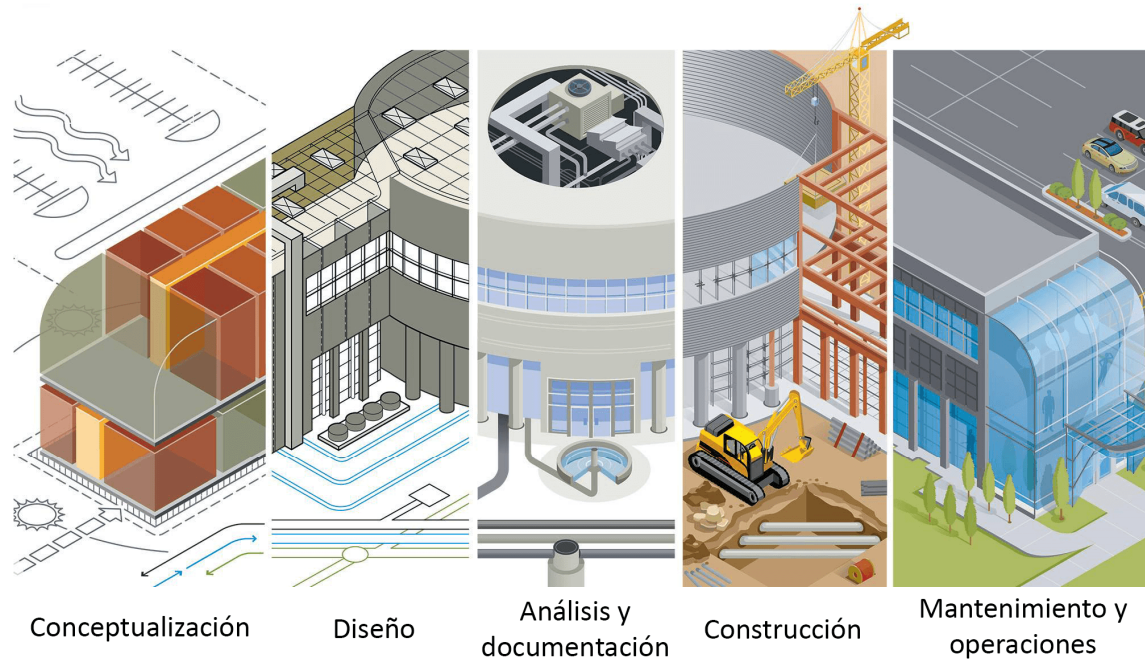


Imagen 9 Modelo BIM en diferentes etapas Fuente: (<https://slyg-block.com/gestion/bim-el-modelo-mas-recomendado-para-gestion-de-la-informacion-en-construccion/>)

La evolución de BIM ha desarrollado que conllevan a un mejor procesamiento de datos a través de la incorporación de toda la información necesaria para una mejor comprensión de un proyecto. Adepoju, (2022) menciona 7 dimensiones:

- 1) Modelo 3D (Geometría): Se trata esencialmente de la creación de información gráfica y no gráfica.
- 2) Modelo 4D (tiempo, cronograma y duración): Estos modelos son representaciones tridimensionales de la información utilizada para planificar obras de construcción, que además incluyen elementos de tiempo para crear una representación cuatridimensional.
- 3) Modelo 5D (estimación de costos y análisis de presupuesto): Este modelo se aplica de manera específica en la planificación, el análisis de costos y el monitoreo presupuestario, detallando los gastos y los beneficios dentro del presupuesto del proyecto de construcción.

- 4) Modelo 6D (Sostenibilidad): Este modelo está diseñado para analizar los requisitos de consumo de energía, una parte fundamental para la sostenibilidad y rentabilidad de la edificación.
- 5) Modelo 7D (Gestión de Instalaciones): Este modelo esta propuesto para las operaciones de planificación, renovación y mantenimiento de los espacios.
- 6) Modelo 8D (Seguridad y riesgos laborales): Este modelo ha sido específicamente desarrollado para prevenir riesgos en el ámbito de la construcción, utilizando una metodología de diseño aplicada que busca identificar y reducir los peligros a los que se enfrentan los trabajadores en este sector.

2.4 Gestión Visual en Lean Construction

La Gestión visual es una parte fundamental de la filosofía Lean Construction, su uso se basa de herramientas visuales para comunicar información de manera clara y concisa, lo que ayuda a mejorar la eficiencia y la productividad en los proyectos.

Se centra en proporcionar información visualmente accesible y comprensible para todos los miembros del equipo de construcción. Estos pueden ser tableros visuales, gráficos, diagramas y otros elementos visuales para mostrar el flujo de trabajo, tareas programadas, problemas, mejoras y el estado del proyecto.

Tener una visión clara y en tiempo real de lo que está sucediendo en el proyecto facilita la toma de decisiones informadas y consientes, identificar rápidamente problemas y buscar soluciones de manera oportuna.

La gestión visual anima a la transparencia y la colaboración entre los miembros del equipo, ya que todos tienen acceso a la misma información visual. Esto genera alinear objetivos, comunicación efectiva y mejoras continuas en los procesos de construcción.

2.4.1 Antecedentes Históricos

Según Tezel, (2011) la Gestión visual y la visualización de datos tiene una historia rica y diversa. Desde aproximadamente el año 2500 a.C., el codo real egipcio se utilizó ampliamente como una forma estándar de medición visual en proyectos de construcción y otras áreas relacionadas. Hacia el año 600 a.C., el general chino Sun Tzu empleó gongs, banderas y señales de fuego. Entre los años 1800 -1813 Robert Owen empresario de Manchester utilizó el Silent Monitor como una pantalla para evaluar el comportamiento en su taller.

2.4.2 ¿Qué es la gestión visual?

Para poder definir la Gestión Visual Tezel, (2011) concluye que falta terminología y una ausencia para una definición explícita. Bell & Davison, (2013) identifican que la dificultad para definir y comprender lo “Visual” es una razón por la cual la respuesta al “giro visual” en los estudios de gestión ha sido lenta. También amplían la definición de “lo visual” para incluir varias formas, como imágenes, gráficos, películas, páginas web y arquitectura. Además, señalan que se está reconociendo cada vez más la importancia de estas formas en la investigación de gestión como contrapeso al enfoque lingüístico, donde el lenguaje constituye significado y realidad.

En su trabajo doctoral Brady, (2014) enuncia diferentes definiciones según diferentes autores sobre Gestión Visual que se presentan a continuación:

- Greif (1991) describe la gestión visual como el control visual en la producción y la organización del lugar de trabajo, haciendo que los estándares y desviaciones sean reconocibles para todos.
- Liker (1997) afirma que la gestión visual mejora la comunicación al hacer que la información sea fácilmente accesible en el entorno de producción.

- Ho&Cicmil (1996) define la gestión visual como el uso de ayudas visuales para mejorar los procesos, la comunicación y promover la mejora continua.
- Imai (1997) describe la gestión visual como una forma de ayudar a los trabajadores y supervisores a controlar y mejorar el lugar de trabajo al hacer que las anomalías sean visibles para todos.
- Tomkins & Smith (1998) consideran que la gestión visual es parte del sistema de medición del desempeño y proporciona información sobre las direcciones estratégicas y el proceso de una organización.
- Chua et al. (1999) menciona que la gestión visual mejora la disponibilidad de información y reduce las interrupciones del trabajo.
- Koskela (2001) define la gestión visual como una encarnación de la gestión como organización, donde se estructura el entorno para transparentar la situación productiva y hacer visibles las prácticas.
- Liff & Posey (2004) consideran que la gestión visual es un sistema para mejorar organizacionalmente alineando la visión, los valores, las metas y la cultura con estímulos sensoriales.
- Pries (2003) define la gestión visual como transparentar el desempeño y visualizar las operaciones y procesos estandarizados en cada área de trabajo.
- Koskela et al. (2007) ven la gestión visual como una estrategia que busca externalizar tanto el plan de trabajo como la competencia requerida.
- Tezel (2011) describe la gestión visual como la participación en esfuerzos gerenciales que proporcionan información relevante de manera visual y comprensible.

En resumen, a pesar de que hay diversas definiciones y explicaciones de gestión visual, se puede entender como una estrategia para controlar, medir y mejorar una organización mediante el uso de ayudas visuales para transmitir información y mejorar la comunicación en el trabajo al crear transparencia.

Cuando se aplica la Gestión Visual, las 5S suelen considerarse como un primer paso, pues es uno de sus orígenes. Que sirve para organizar el espacio de trabajo.

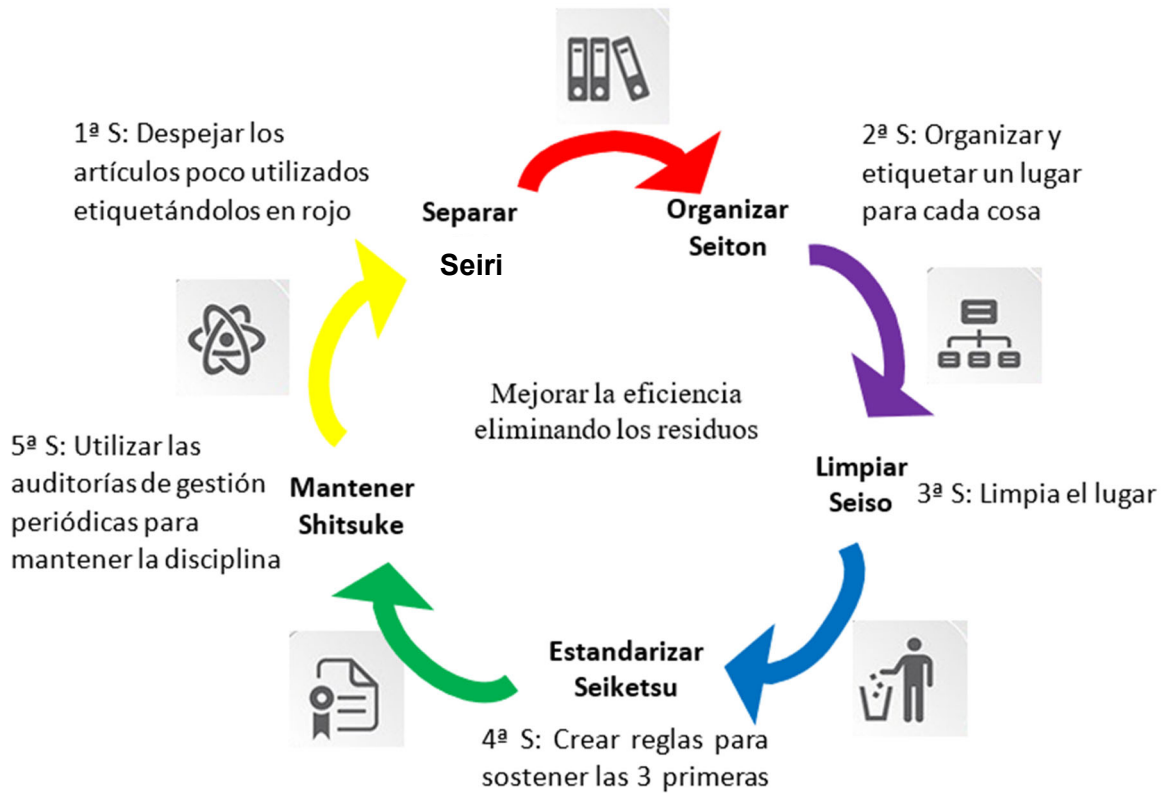


Imagen 10 Ciclo de las 5'S Adaptado de Gao & Low, (2014)

Galsworth, (1997) identifica diferentes herramientas visuales que están diseñadas conscientemente para estructurar el comportamiento humano al implementar la Gestión Visual, esta se realiza mediante sistemas visuales que consisten en una o más de estas herramientas visuales.

Galsworth, (1997) identifica cuatro tipos de herramientas visuales: 1) indicadores visuales, 2) señales visuales, 3) controles visuales y 4) garantías visuales.

1) Indicadores visuales

El indicador visual transmite información con la intención de influir en el comportamiento. No hay garantía de que esta información se tenga en cuenta y, por lo tanto, el control humano de la desobediencia es alto. Por lo general, las consecuencias como resultado de la desobediencia son mínimas.

Algunos ejemplos de indicadores visuales en uso en el entorno Lean son: tableros de equipo, gráficos, fotos, mapas de flujo de valor, etc. Cuando se utilizan más con fines de control, por lo general incluirían un estado esperado a alcanzar y/o un indicador para medir el progreso.

Los indicadores visuales son una forma útil de comunicar información importante desde la gestión hasta el nivel operativo. Existen dificultades para comunicar información tan importante en la construcción debido a la sobrecarga de información, la falta de apertura y filtrado.



Imagen 11 Tableros de control como indicadores visuales. Fuente: <https://sign-graph.com/nuestros-productos/tableros-y-carteleras-duales/>

2) Señales Visuales

Una señal visual impone mucho más control humano que el indicador visual descrito anteriormente Galsworth, (1997) Un semáforo es un ejemplo de una señal visual. Una señal visual llama la atención mediante el uso de estímulos visuales (un estímulo visual provoca una respuesta a la vista para que la persona tenga la capacidad de interpretar el entorno que lo rodea.

Se ha creado con el propósito de motivar a las personas a estar atentas y guiar su comportamiento. Un caso ejemplo de Señal Visual en el sistema Lean es el tablero

Andon, el cual alerta de manera visual y audible al líder del equipo en caso de detectar alguna anomalía en una línea o estación de trabajo.



Imagen 12 Semáforo vehicular como señal visual. Fuente: <https://fundacioncarlosslim.org/la-importancia-del-semaforo-seguridad-vial/>

3) Controles Visuales

Este tipo de herramienta visual permite un alto grado de control humano. Restringe la variabilidad humana en términos de altura, tamaño, cantidad, volumen, peso, ancho y largo. Las líneas de estacionamiento y carretera, delimitación de una maquina en el piso con colores, son ejemplos de elementos visuales de este tipo. En el sistema Lean, se utilizan la codificación por colores, el Kanban de producción y mantenimiento, las marcas y la visualización de las normas de seguridad como ejemplos de control visual.

Según Liker, (2004) los sistemas de control visual son dispositivos de comunicación que indican a las personas como realizar tareas y muestran desviaciones de un vistazo, ayudándoles a comprender rápidamente como se realiza su trabajo. Estos

sistemas están integrados en los elementos relacionados con el proceso, el equipo y el inventario.



Imagen 13 Señalética visual como control visual Fuente: <https://www.tyt.com.mx/nota/sct-y-sedatu-desarrollaran-norma-de-senalizacion-vial-en-carreteras>

4) Garantías Visuales

Las garantías visuales, también conocidas como dispositivos a prueba de errores o Poke-Yoke, están diseñadas para asegurar que solo se realicen acciones correctas. Estas herramientas incluyen información preventiva y buscan eliminar errores humanos al integrarse en máquinas de forma mecánica o electrónica. Un ejemplo es la detección automática de bombas de gasolina cuando el tanque está lleno y la bomba se bota.



Imagen 14 Bomba de gasolina como Garantía Visual. Fuente: <https://create.vista.com/mx/unlimited/stock-photos/464248556/stock-photo-filling-car-gasoline-insert-red-gun-tank-car-refueling-process/>

Kanban: es un indicador visual que transmite información (en tarjetas) con la intención de influir en el comportamiento. También funciona como una señal visual, ya que ciertos tipos de sistemas Kanban utilizan estímulos visuales para llamar la atención (es decir, un contenedor vacío indica que se necesitan más materiales/piezas, por ejemplo).



Imagen 16 Ejemplo de tablero Kanban. Fuente: <https://www.appvizer.es/revista/organizacion-planificacion/gestion-proyectos/lean-y-kanban>

Andon: es una señal visual que utiliza luces (o banderas) para indicar que hay un problema. La autonomía es una señal visual ya que llama la atención cuando hay un problema y evita que ocurran más errores al detener el proceso.

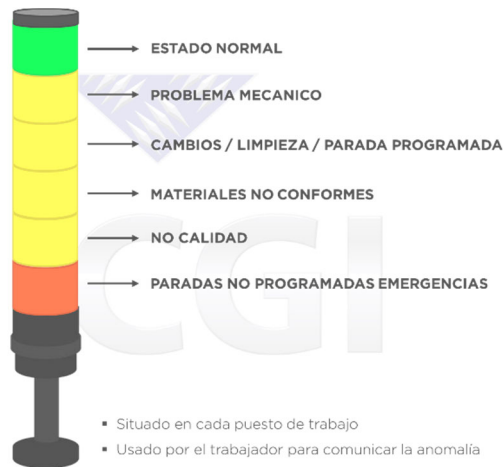


Imagen 17 Ejemplo de semáforo Andon. Fuente: <https://www.cgisa.es/sistemas-andon/>



Imagen 18 Ejemplo de tablero ANDON. Fuente: <https://www.facebook.com/tablerosdeproduccionags/photos/a.148265829194863/148697662485013/>

Tablero Heijunka: también se puede comparar con un indicador visual, ya que transmite información sobre qué cantidades se deben producir y cuando, para que la producción se nivele y el inventario no esté en exceso.

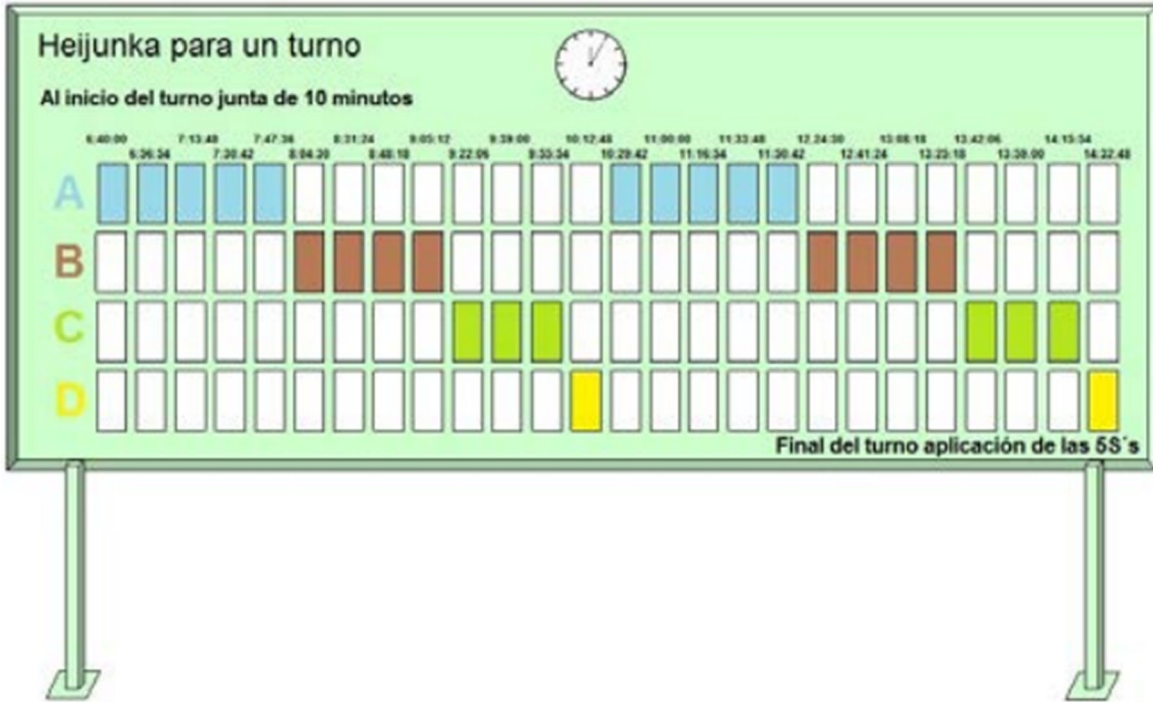


Imagen 19 Tablero Heijunka para la elaboración de tareas A, B, C Y D en un turno laboral. Fuente (Sánchez Baños & Cruz Osnaya, 2017)

Poka-Yoke También es un tipo de garantía visual. Dado que resalta la importancia de evitar errores al prevenirlos, su objetivo es eliminar los defectos del producto al corregir o eliminar errores durante el proceso.

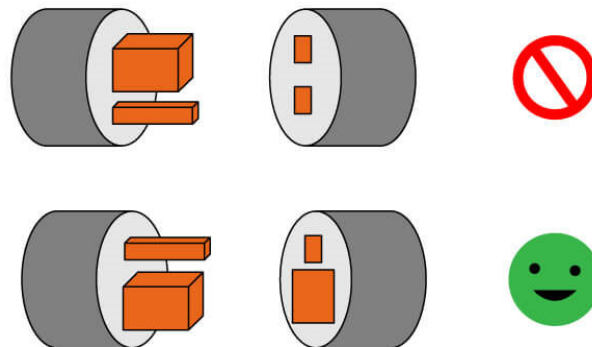


Imagen 20 Ejemplo de Poke-Yoke la conexión no embonara a menos que se coloque en la posición correcta Fuente: <https://leansisproductividad.com/poka-yoke-calidad>

2.5 Taxonomía de Tezel (2011)

Tezel, (2011) presenta una taxonomía de Administración Visual que consta de 19 puntos, la cual es una compilación de diferentes herramientas y métodos de administración visual. En su investigación menciona que no todos los métodos han sido aplicados de la misma forma por las empresas que estudio y que en algunos casos no fueron aplicados todos.

Esta taxonomía se vuelve importante para esta investigación como base fundamental para plantear un modelo para la evaluación de su aplicación. Los métodos serán enlistados a continuación:

- 1) **Diseño del lugar y cercado:** Hacer visibles los procesos del proyecto para permitir el flujo.
- 2) **Estandarización de los elementos del lugar de trabajo:** La estandarización de varios elementos de la obra es una parte esencial de las actividades de Gestión Visual en la construcción. Esto incluye personas, materiales, máquinas, vehículos, herramientas, puestos de trabajo, unidades de movilización temporal, rutas de transporte, almacenamiento temporal, áreas de proceso, entre otros. Este concepto también es parte del TPS (Galsworth, 1997; Liker, 2004)
- 3) **En el almacén:** En su estudio encontró algunos almacenes, donde los suministros se organizaban y guardaban en contenedores o estantes específicos. Se adjuntaba información relevante como el nombre del material, especificaciones técnicas e imágenes en forma de etiquetas o post-it. Un tablero de control mostraba el nivel de existencia de materiales y herramientas comunes, brindando información básica a aquellos que no trabajaban en el almacén.
- 4) **5S:** En su estudio algunas empresas sistematizan la limpieza, estandarización y el orden de sus obras dentro de la metodología 5S.

Apoyado por algunos medios de comunicación visualmente activos como tabletas, tableros 5S, etc.) y supervisado por equipos 5S para mantenerlo.

- 5) **En los elevadores:** En algunos casos se construían edificios de gran altura, donde se separaban elevadores de servicio y de personal, identificados con etiquetas y nombre
- 6) **Producción Pull por medio de Kanban:** Esta producción puede ser lograda por tarjetas simples. Estas tarjetas Kanban contenían información generalmente como una imagen de material pedido, la cantidad y la identidad de la unidad de producción.
- 7) **Nivelación de producción por medio de tableros Heijunka:** Tezel, (2011) observo que ciertas empresas utilizaban tableros Heijunka para nivelar la producción del concreto. Esto era fundamental porque las concreteras hacían diferentes mezclas de concreto. El tablero ayudaba a que los operadores pudieran gestionar sus procesos y a los directivos dar seguimiento a la producción.
- 8) **Calidad en la estación (Jidoka) a través de Andon:** Según Tezel, (2011) se encontraron ejemplos de Andon, se mencionaron diversas formas como paneles visibles en construcciones de edificios altos. En la oficina de dirección de obra, se instaló un panel de control de luces verdes en cada planta. La luz verde indicaba que todo estaba listo para iniciar la producción. Si surgían problemas, un jefe de grupo podía pulsar un botón para amarillo y llamar la atención de la dirección de obra. El sistema Andon no tenía que ser electrónico ni complicado, a veces se utilizaban tarjetas de colores para indicar anomalías.
- 9) **Creación de prototipos:** Algunas empresas de construcción implementaban la creación de prototipos como una forma de ayudar a las personas a realizar su trabajo de manera más eficiente y sencilla. Esto se lograba al visualizar por completo el producto final Tezel, (2011). Por ejemplo: un prototipo era el sistema de tuberías de un inodoro que se construía una y otra vez en el proyecto).

- 10) Muestreo:** El muestreo se emplea para asociar los materiales con su ubicación de uso y los equipos con sus grupos de trabajo correspondientes. Se utiliza para combinar diferentes elementos de producción, como material/espacio o equipo/personal, mediante el uso de una muestra real del material y/o equipo involucrado. (Tezel, 2011).
- 11) Señales Visuales:** Se utilizan algunos carteles o letreros altamente visuales que incluyen mascotas o personajes específicos de la empresa. Estos carteles tienen el propósito de resaltar prácticas deseables, promover el marketing interno (Carteles 5s) y cambiar las prácticas de gestión. Su objetivo es transmitir mensajes deseados, persuadir a las personas, mejorar la percepción y crear un sentido de propiedad. Algunos ejemplos de los mensajes eran “use su casco” “no desperdicie material” y “póngase las orejeras”, así como imágenes que promueven el trabajo en equipo, el reciclaje y el orden en el sitio de trabajo (Tezel, 2011).
- 12) Facilitadores visuales del trabajo:** Encontró Tezel, (2011) elementos visuales que habían sido diseñados esencialmente para facilitar los trabajos de varios trabajadores (equipos de trabajos). En zonas comunes de la obra (comedores, entrada a la oficina de obra, vestuarios, etc.) había gráficos de procesos de trabajos en ejecución y su instructivo visual de paso a paso para realizar la tarea.
- 13) Gestión Visual improvisada:** Halló en las obras información espontánea o intuitiva que dan muchos ejemplos de improvisación en las obras. Por ejemplo, rascar en una pared de yeso para mostrar la ubicación de las tuberías de calefacción o un “ok” para indicar que la calidad del trabajo es buena. (Tezel, 2011).
- 14) Gestión del rendimiento mediante la Gestión Visual:** Por ejemplo, se empleó un gráfico de progreso de la construcción, el cual mostraba las fechas de finalización y la última actualización. Tezel, (2011) indicó que el objetivo principal del tablero, visible desde exterior de la obra era atraer a posibles clientes y se utilizó con fines de marketing. La evaluación del desempeño de los proveedores en distintos aspectos (calidad, seguridad, cumplimiento de

contrato, etc.) se exhibió en la entrada de la obra para todos o en los costados para los observadores externos.

- 15) Distribución de información de todo el sistema:** Toda la información del sistema ya sea relacionada directamente con la construcción o no, se muestra a todos los que trabajan en el sitio para mejorar la transparencia. Se comparte esta información entre las personas para que estén más conscientes del entorno. Después de cierto punto, el aumento de la transparencia depende de factores como el carácter gerencial, las preferencias, los enfoques, las condiciones ambientales y la creatividad de los seres humanos
- 16) Gestión de Recursos Humanos:** Tezel et al., (2009), en su estudio observó variadas prácticas de gestión visual respecto a la gestión de recursos humanos. En resumen, trabajadores y grupos de trabajo se identificaban por sus colores de casco, se les comunicaba su zona de trabajo planificada para sus labores con tableros y letreros altamente visuales.
- 17) Gestión de la salud y la seguridad:** la seguridad en el lugar de trabajo se comunica visualmente a través de indicadores generales, señales de seguridad móviles, escritorios informativos, placas de seguridad que indiquen el equipo necesario, tableros de control accesible, kits de salud y seguridad, recordatorios de higiene, zonas peatonales seguras y un sitio ordenado para prevenir problemas de salud y seguridad.
- 18) Poka-Yoke:** Aunque se encontraron ejemplos de Poka-Yoke, el ejemplo que encontró, la colocación de dos clavos en las cabezas de las tuberías para garantizar que no se desplacen durante el colado. Aunque Tezel, (2011) ve una oportunidad de desarrollo para este campo.
- 19) Prefabricación in situ:** Tezel, (2011) pudo documentar la prefabricación en sitio. Se diseñó la prefabricación del mortero para garantizar la homogeneidad de la mezcla y brindar una alta calidad. O la prefabricación del cableado eléctrico (caja de conexiones) dentro de los ladrillos, antes de su colocación para evitar dependencia entre las tareas.

2.6 Modelo de Gestión Visual de Brady (2014)

Brady, (2014) presento tres modelos de gestión visual, que adapto a diferentes tipos de obras, la construcción de un edificio de departamentos, la remodelación de un edificio de 9 niveles y la construcción de plantas eléctricas.

Finalmente adapto su segundo modelo, al cual dio continuidad y dejo como versión final. Este modelo cuenta con 10 elementos visuales que se enlistan a continuación:

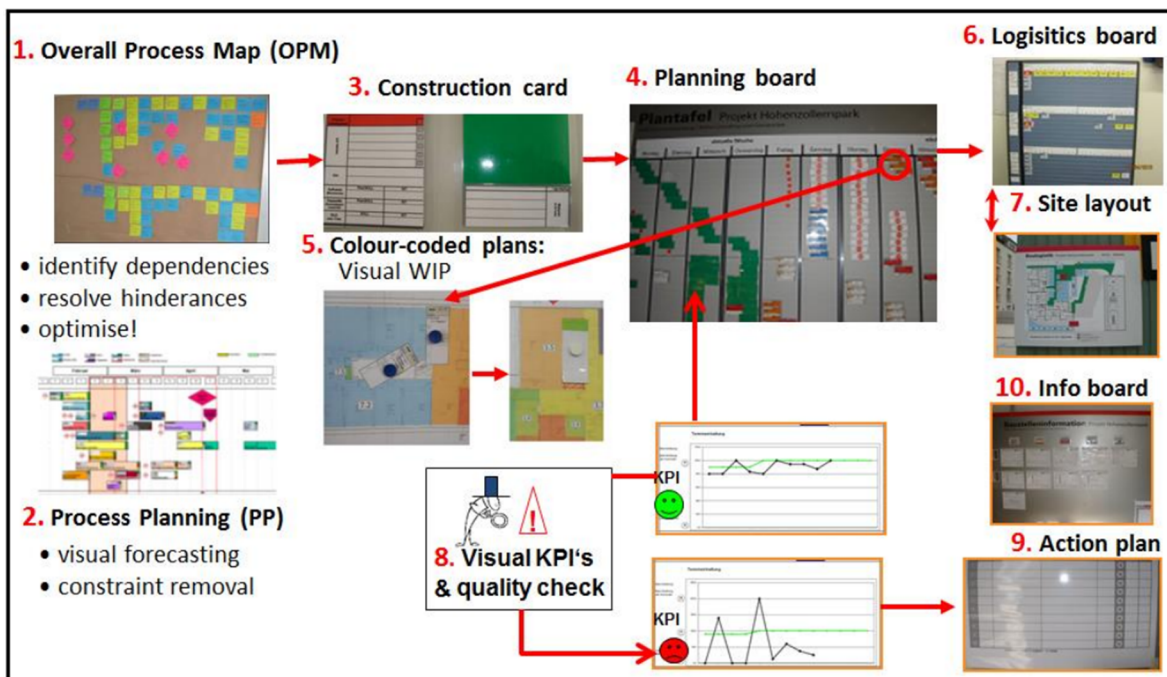


Imagen 21. Modelo de gestión visual. Brady, (2014)

El modelo consta de 10 elementos visuales principales que se describirán brevemente a continuación.

- 1) Mapa Global de Procesos:** En este programa se hacen visibles los principales procesos de construcción, interdependencias y limitaciones
- 2) Herramienta de Planificación de procesos:** se visualiza el flujo de trabajo previsto para 4 a 6 meses, delimitación de áreas de trabajo, subcontratistas de cada actividad, las restricciones y limitaciones, las metas y la preparación del trabajo. (se marca en verde si se está listo y con rojo si no se ha alcanzado una meta)

- 3) **Fichas de construcción:** se visualizan los paquetes de trabajo diario que deben realizar los subcontratistas. También se contemplaban fichas para resaltar problemas, donde indicaban las limitantes. Por último, había fichas para logística, donde se hacían evidentes los recursos logísticos previstos.
- 4) **Tablero de planificación:** se visualizaban todos los trenes de trabajo diarios por especialidad de trabajo y por día. Se ubicaba en una central de fácil acceso y donde todos pudieran verlo.
- 5) **Planos codificados por colores: Visualización de las zonas de trabajo definidas:** Se utilizan planos codificados por colores para colgar las fichas de obra, con el fin de indicar el trabajo en curso por zona y día, así como los paquetes de trabajo diarios que aún están pendientes de la aprobación de calidad.
- 6) **Tablero logístico:** Visualizan la organización de los recursos que se han planificado diariamente, como grúas, contenedores, ascensores, etc.
- 7) **Disposición de la obra:** Se definen las zonas para almacenes de material y se visualiza las áreas de la obra. En tarjetas logísticas se cuelgan en un tablero indicado los recursos disponibles en obra y quienes lo están utilizando.
- 8) **KPI visuales y comprobación de la calidad:** Una vez que se ha realizado un recorrido de comprobación de calidad de las actividades se califican la calidad y ejecución del trabajo, se recogen y muestran los datos de los resultados como evaluación de los contratistas.
- 9) **Plan de acción:** Interpretación de las acciones de mejora establecidas y las personas encargadas en las fases de planificación.
- 10) **Tablero de información:** Un tablero o pizarrón donde se visualizan y recopilan todos los datos referentes al proyecto. (Indicadores clave de rendimiento, funciones y responsabilidades, planes de acción, etc.) se ubican en una zona estratégica.

El modelo se estructura en tres fases principales:

- 1) Fase de Planificación Global Del Proceso (PGP)
- 2) Fase de Planificación del Proceso (PP)
- 3) Fase de Planificación detallada. (PD)

Se enlistan algunas herramientas empleadas durante su recopilación de datos:

Obra 1

- Previsión visual de las precipitaciones: Calendario de lluvias
- Visualización de la finalización de los trabajos: Un programa visual que mostraba el avance de actividades terminadas y en proceso dentro de la obra
- Visualización del "flujo" de actividades: Plan semejante al calendario maestro
- Numeración manual del material: Descripción de los materiales para la fabricación del producto con números

Obra 2 y 3

- Resumen del plan del proyecto: plan del proyecto expuesto en la obra (actualizado semanalmente)
- Plan detallado del proyecto: Detalles para completar el plan del proyecto
- Plan a corto plazo y visión general de la calidad: Plan semanal para la obra. Actividades respecto al contratista, servía para controlar y calificar la calidad
- Secuencia de actividades "escaleras": Con colores indicaban distintas actividades completadas, fechas de las actividades, a completaba el flujo para mostrar actividades adelantadas y atrasadas
- Plano visual de la fachada: Planificación y control. Separación por responsable, actividades en fachadas por edificio, no muestra las interdependencias de las actividades
- Gestión del suministro de concreto: Servía para identificar las áreas por donde se debía entregar el concreto para planificar entregas y control de calidad, funcionaba también para los aceros
- Control de la tripulación para los servicios: Herramienta para coordinación para que los servidores realizaran sus actividades sin estorbarse

- Plan de previsión de limitaciones: Antelación para compra y suministro de materiales
- Fichas de control de calidad: Control de productividad o de finalización (material, mano de obra, herramientas, tiempos)
- Resumen de capacidad de los trabajadores: muestra información para productos de concreto estandarizados
- Control de calidad: Medía la deformación de la losa, mostraba cuando debían hacerse mediciones y su duración
- Visualización del control de costos y financiación: Visión general de los costos previstos vs los reales de los trabajos realizados
- Visualización del trazado del desarrollo: Se utilizo para dar una correcta organización de las ubicaciones designadas como bodegas y zonas de trabajos
- Rendimiento de los equipos de trabajo in situ
 - cumplimiento de tiempos / finalización
 - seguridad
 - calidad
 - cooperación
 - Utilizando un tablero Andon
- Procedimientos normalizados de trabajo: Manuales gráficos de cómo se debían hacer los procesos de ensamble
- Visualización de las estadísticas de seguridad: Gráfico visible para saber cuántos días han pasado sin accidentes
- Visualización de los resultados de calidad: Gráfico visible de una comparación entre calidad y rendimiento utilizaba colores para indicar la calidad
- Visualización del tipo de material: Utilizado para seleccionar el material adecuado respecto a las especificaciones del proyecto
- Visualización del proceso de colocación de ladrillos y entrega de material JIT se utilizaron 4 herramientas adicionales para el proceso de los ladrillos
 - Donde debían entregarse los ladrillos utilizando JIT

- Documentación del proceso de albañilería y visualización de la zona de trabajo
- Garantizar una calidad uniforme
- Kanban para saber cuándo faltaba material en el área

2.7 Project Management Institute®

El Project Management Institute (Instituto de Gestión de Proyectos, PMI) es una organización sin fines de lucro que promueve las mejores prácticas en la gestión de proyecto a través del desarrollo y mantenimiento del estándar PMBOK (Project Management Body of Knowledge).

El PMI como indica en su página (<https://www.pmi.org/america-latina/>) se dedica a preparar a organizaciones e individuos en todas las etapas de su carrera para adaptarse y tener éxito en un mundo en constante cambio, a través de la promoción, colaboración, educación e investigación.

La gestión de proyectos implica utilizar conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas específicas para entregar algo valioso a las personas. Ejemplos de proyectos incluyen la construcción de un edificio, ayudas en situación de desastre, desarrollo de software para mejorar un proceso de negocio.

Cada proyecto implica un esfuerzo temporal para generar valor a través de la creación de un producto, servicio o resultado único. Todos los proyectos tienen un inicio y un fin, un equipo asignado, un presupuesto, un cronograma y un conjunto de expectativas a cumplir. A diferencia de las operaciones rutinarias de una organización, los proyectos concluyen una vez que se alcanza el objetivo establecido.

Los profesionales de proyectos son los encargados de liderar estas iniciativa, ya sea de manera internacional o por circunstancias, con el objetivo de garantizar que

un equipo de trabajo logre sus metas. Utilizan una variedad de herramientas, técnicas y enfoques para satisfacer las necesidades específicas de cada proyecto.

El PMBOK del Project Management Institute, (2017) plantea 10 áreas del conocimiento para el desarrollo de los proyectos. Las cuales se describirán a continuación:

- 1. Gestión de la Integración del Proyecto:** Se refiere a la coordinación y unificación de los diferentes componentes del proyecto para asegurar que se alcancen los objetivos establecidos.
- 2. Gestión del Alcance del Proyecto:** Implica definir, controlar y gestionar lo que está incluido y excluido en el proyecto, así como asegurarse de que se cumplan las expectativas de los interesados.
- 3. Gestión del Tiempo del Proyecto:** Se ocupa de la planificación, programación y control del tiempo necesario para completar las actividades del proyecto, incluyendo la secuencia y duración de las tareas.
- 4. Gestión de los Costos del Proyecto:** Consiste en estimar, presupuestar y controlar los costos asociados al proyecto, asegurando que se mantenga dentro del presupuesto establecido.
- 5. Gestión de la Calidad del Proyecto:** Comprende actividades para asegurar que el proyecto cumpla con los requisitos y estándares de calidad establecidos, a través de planificación, control y mejora continua.
- 6. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto:** Se enfoca en la gestión eficaz de los recursos humanos asignados al proyecto, incluyendo la adquisición desarrollo y gestión del equipo de trabajo.
- 7. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto:** Implica establecer un plan de comunicación efectivo para compartir información relevante con los interesados del proyecto y garantizar una comunicación clara y oportuna,
- 8. Gestión de los Riesgos del Proyecto:** Consiste en identificar, analizar y responder a los riesgos potenciales que podrían afectar el éxito del proyecto, a través de la planificación y ejecución de estrategias de mitigación.

9. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto: Implica identificar, gestionar y mantener relaciones efectivas con los diferentes interesados del proyecto, satisfaciendo sus necesidades y expectativas.

10. Gestión de los Interesados del Proyecto: Implica identificar, gestionar y mantener relaciones efectivas con los diferentes interesados del proyecto, satisfaciendo sus necesidades y expectativas.

El gráfico 9 muestra cómo se relacionan los 47 procesos de la dirección de proyectos y las 10 áreas de conocimiento del PMBOK. Es crucial comprender esta información para tener una visión completa de la disciplina de dirección de proyectos y poder aplicarla de manera efectiva.

La filosofía Lean Construction y el PMI, comparten enfoques e ideales, los cuales buscan mejorar la eficiencia y reducir desperdicios en la gestión de proyectos. Para los fines de esta investigación, se utilizarán las áreas que se enlazan entre las dos filosofías por eso las partidas de costo del proyecto, comunicación del proyecto e Interesados del Proyecto son excluidas para adaptar a un modelo de gestión visual ideal para construcción de vivienda.

Áreas de Conocimiento	Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos				
	Grupo de Procesos de Inicio	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Monitoreo y Control	Grupo de Procesos de Cierre
4. Gestión de la Integración del Proyecto	4.1 Desarrollar el Acta de Constitución del Proyecto	4.2 Desarrollar el Plan para la Dirección del Proyecto	4.3 Dirigir y Gestionar el Trabajo del Proyecto	4.4 Monitorear y Controlar el Trabajo del Proyecto 4.5 Realizar el Control Integrado de Cambios	4.6 Cerrar Proyecto o Fase
5. Gestión del Alcance del Proyecto		5.1 Planificar la Gestión del Alcance 5.2 Recopilar Requisitos 5.3 Definir el Alcance 5.4 Crear la EDT/WBS		5.5 Validar el Alcance 5.6 Controlar el Alcance	
6. Gestión del Tiempo del Proyecto		6.1 Planificar la Gestión del Cronograma 6.2 Definir las Actividades 6.3 Secuenciar las Actividades 6.4 Estimar los Recursos de las Actividades 6.5 Estimar la Duración de las Actividades 6.6 Desarrollar el Cronograma		6.7 Controlar el Cronograma	
7. Gestión de los Costes del Proyecto		7.1 Planificar la Gestión de los Costos 7.2 Estimar los Costos 7.3 Determinar el Presupuesto		7.4 Controlar los Costos	
8. Gestión de la Calidad del Proyecto		8.1 Planificar la Gestión de la Calidad	8.2 Realizar el Aseguramiento de Calidad	8.3 Controlar la Calidad	
9. Gestión de los Recursos Humanos del Proyecto		9.1 Planificar la Gestión de los Recursos Humanos	9.2 Adquirir el Equipo del Proyecto 9.3 Desarrollar el Equipo del Proyecto 9.4 Dirigir el Equipo del Proyecto		
10. Gestión de las Comunicaciones del Proyecto		10.1 Planificar la Gestión de las Comunicaciones	10.2 Gestionar las Comunicaciones	10.3 Controlar las Comunicaciones	
11. Gestión de los Riesgos del Proyecto		11.1 Planificar la Gestión de los Riesgos 11.2 Identificar los Riesgos 11.3 Realizar el Análisis Cualitativo de Riesgos 11.4 Realizar el Análisis Cuantitativo de Riesgos 11.5 Planificar la Respuesta a los Riesgos		11.6 Controlar los Riesgos	
12. Gestión de las Adquisiciones del Proyecto		12.1 Planificar la Gestión de las Adquisiciones	12.2 Efectuar las Adquisiciones	12.3 Controlar las Adquisiciones	12.4 Cerrar las Adquisiciones
13. Gestión de los Interesados del Proyecto	13.1 Identificar a los Interesados	13.2 Planificar la Gestión de los Interesados	13.3 Gestionar la Participación de los Interesados	13.4 Controlar la Participación de los Interesados	

Gráfico 9 Mapa de procesos de PMBOK <https://raulrodriguezchaparro.es/los-procesos-y-las-areas-de-gestion-de-la-direccion-de-proyectos/>

Capítulo 3. Método de Investigación

En este capítulo se describirá la metodología que se utilizara y procedimientos que se ejecutaran para comprobar la hipótesis de la investigación.

Es fundamental reflexionar sobre la importancia de la metodología en la investigación, comprendiendo los procesos y su evolución, para encontrar métodos actualizados en un campo que tiende a ser estático.

3.1 Conocimiento científico

Como menciona Tamayo y Tamayo, (2009) conocer es el proceso mediante el cual el ser humano obtiene certeza acerca de la realidad, a través de un conjunto de representaciones que se consideran verdaderas. Implica enfrentar la realidad y establecer una relación ente un sujeto que conoce y un objeto que es conocido. El conocimiento científico es una de las maneras que posee el hombre para conceder un significado con sentido a la realidad.

Tamayo y Tamayo, (2009) menciona un proceso para que el hombre de ciencia llegue a interpretar los fenómenos de la realidad, el cual es el siguiente.



Imagen 22 Que hace el hombre de ciencia para obtener conocimiento. Tamayo y Tamayo, (2009)

Esta investigación pretende resolver problemas prácticos (investigación aplicada). La investigación es la ventana para conocer lo que nos rodea y su carácter universal.

3.2 Investigación científica

La investigación científica se entiende como un proceso que es dinámico, variable y en constante evolución. Es un proceso que consta de varias etapas estrechamente relacionadas entre sí, que pueden o no ocurrir de manera secuencial o continua.

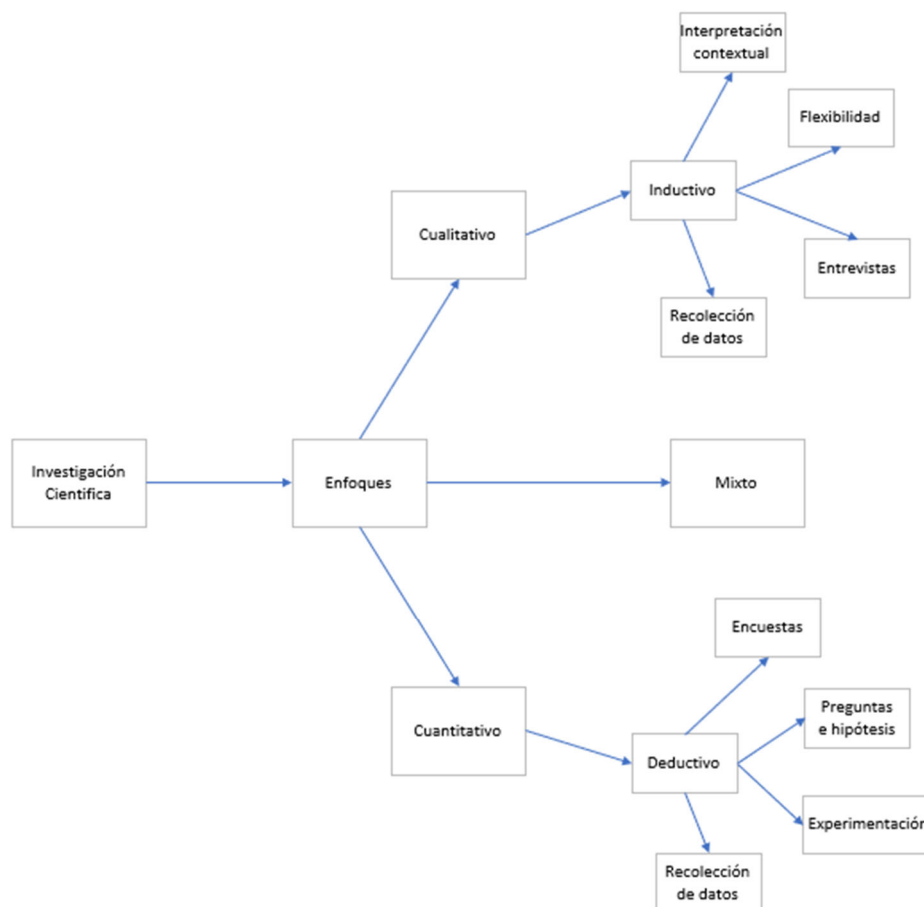


Imagen 23 Metodología de Investigación Científica. Fuente: adaptado de (Hernández Sampieri et al., 2003)

A lo largo de la historia de la ciencia, han surgido diferentes corrientes de pensamientos y marcos interpretativos que han llevado a una polarización en dos enfoques principales de investigación: el cuantitativo y el cualitativo. Ambos

enfoques manejan procesos cuidadosos, metódicos y empíricos con la finalidad de generar conocimiento.

Según Grinnell, (1997) ambos enfoques utilizan cinco estrategias similares:

- 1) Llevan a cabo observación y evaluación de fenómenos.
- 2) Establecen suposiciones o ideas como consecuencia de la observación y evaluación realizadas.
- 3) Prueban y demuestran el grado en que las suposiciones o ideas tienen fundamento.
- 4) Revisan las suposiciones o ideas sobre la base del análisis
- 5) Proponen nuevas observaciones y evaluaciones para aclarar, modificar y fundamentar las suposiciones e ideas, incluso para dar el paso a nuevas

3.2.1 Enfoque Cuantitativo

Este enfoque es secuencial y probatorio, utiliza la recolección y análisis de datos, cada etapa precede a la siguiente y no se pueden omitir pasos. No se debe perder el orden, aunque se podría redefinir alguna fase. Inicia con una idea acotada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la bibliografía y se construye un marco teórico. A partir de las preguntas se establecen hipótesis y variables, se diseña un plan para probarlas, se miden las variables en un contexto específico, se analizan las mediciones utilizando métodos estadísticos y se obtienen conclusiones según Hernández Sampieri et al., (2014).

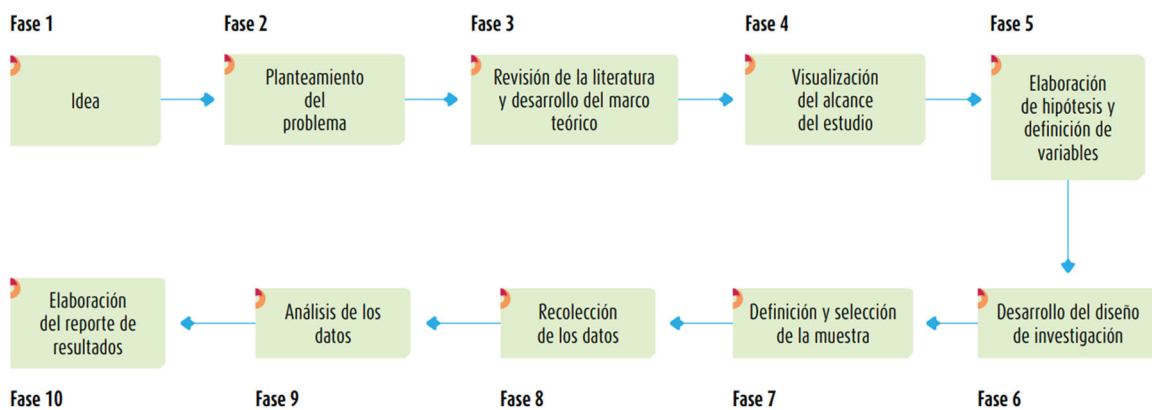


Imagen 24 Proceso Cuantitativo. Fuente Hernández Sampieri et al., (2014)

Hernández Sampieri et al., (2014) destaca las siguientes características para el enfoque cuantitativo:

- 1) Medir y estimar la dimensión de los problemas de la investigación
- 2) Plantear un problema de estudio delimitado
- 3) Revisar la bibliografía, construir un marco teórico y plantear diferentes hipótesis
- 4) Recolección de datos (medir las variables o criterios contenidos en las hipótesis)
- 5) Análisis de datos con métodos estadísticos
- 6) Minimizar el error por medio desecho de posibles explicaciones distintas a la propuesta de estudio (hipótesis)
- 7) Como menciona Creswell, (citado por Hernández Sampieri et al., 2014) La interpretación de los análisis cuantitativos implica considerar las predicciones iniciales y los estudios previos y se trata de explicar cómo los resultados se relacionan con el conocimiento existente.
- 8) La investigación cuantitativa debe ser lo mayor “objetiva” posible.
- 9) Con los estudios cuantitativos se pretende confirmar y predecir fenómenos investigados
- 10) Se vale del razonamiento deductivo y la lógica, que empieza por la teoría y de esta se dependen hipótesis que se someten a prueba en la investigación
- 11) La exploración cuantitativa sucede en la “realidad externa” al individuo.

Grinnell y Creswell citados por (Hernández Sampieri et al., 2014) argumentan que:

- a) Existen dos realidades: 1) la interna subjetiva, que consiste en las creencias, presuposiciones y experiencias subjetivas de las personas, que van desde las más vagas o generales (intuiciones), hasta las elaboradas y desarrolladas lógicamente por medio de teorías formales. 2) realidad objetiva, externa e independiente de las creencias que se tengan sobre ella. Por ejemplo, una edificación, la ley, el clima, el sida, etc. ocurren, es decir, cada una establece una realidad a pesar de lo que pensemos de ella).

b) Cuando las investigaciones confiables demuestren que la realidad objetiva difiere de nuestras creencias, debemos ajustar nuestras creencias para que se alineen con esa realidad. Es importante destacar que la realidad en sí no cambia, sino que son nuestras creencias las que se modifican y, por ende, nuestra teoría.

3.2.2 Enfoque Cualitativo

El enfoque cualitativo también se basa en áreas o temas significativos de investigación, pero a diferencia de los estudios cuantitativos, las preguntas de investigación e hipótesis pueden desarrollarse antes, durante o después de la recopilación y análisis de los datos. Estas actividades ayudan a descubrir y perfeccionar las preguntas más importantes, creando un proceso dinámico y circular donde la secuencia puede variar en cada estudio, señala Hernández Sampieri et al., (2014).

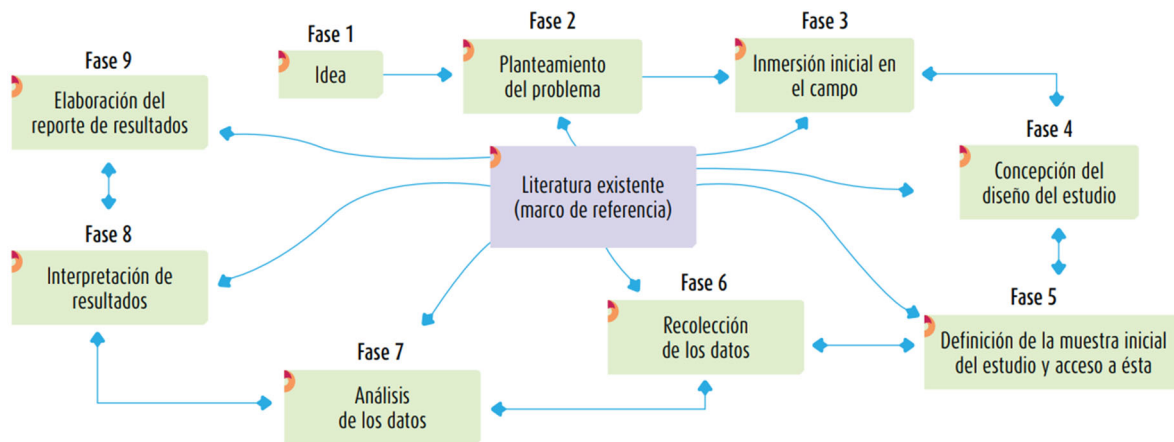


Imagen 25 Proceso Cualitativo. Fuente: Hernández Sampieri et al., (2014)

Hernández Sampieri et al., (2014) también destaca las características de este enfoque:

- 1) Se plantea el problema, pero no siempre se sigue un proceso definido. Los planteamientos iniciales no son tan específicos como el cuantitativo.

- 2) Las investigaciones cualitativas se basan en un procesos inductivo, donde se explora y describe para posteriormente generar perspectivas teóricas. Se parte de lo particular hacia lo general. Por ejemplo, en un estudio cualitativo, el investigador entrevista a viarias personas, analiza los datos obtenidos y saca conclusiones. Este proceso se repite con más entrevistas para comprender el fenómeno estudiado, avanzando de manera gradual hacía una perspectiva generalizada.
- 3) No se generan hipótesis al inicio del estudio, sino que se van generando y perfeccionando conforme va a avanzando la investigación.
- 4) Se basa en métodos de recolección de datos no estandarizados ni predeterminados completamente. Se realizan entrevistas con preguntas más abiertas y se recaban datos por mensajes escritos, verbales y visuales.
- 5) Para la compilación de datos se usan técnicas como la observación no estructurada, entrevistas abiertas, revisión de documentos, platicas en grupos.
- 6) El proceso de investigación es flexible y se desplaza entre las respuestas obtenidas y el desarrollo de la teoría
- 7) Corbetta citado por Hernández Sampieri et al., (2014) menciona que la metodología cualitativa analiza el desarrollo natural de los eventos sin manipular ni estimular la realidad.
- 8) Propone que la definición de “realidad” se basa en las interpretaciones que los participantes tienen sobre sus propias experiencias en la investigación. Asimismo, son realidades que se modifican mientras se realiza el estudio

3.2.3 Enfoque Mixto

Este enfoque representa el más alto grado de integración o combinación en los enfoques anteriores. Estos se entrelazan durante todo el proceso de investigación, o cuando menos en la mayoría de sus etapas. Requiere de una mentalidad abierta para su manejo.

Hernández Sampieri et al., (2003) menciona que la investigación se encuentra entre los esquemas de pensamiento inductivo y deductivo, por lo que el investigador necesita dinamismo durante el proceso.

El enfoque que tomará este trabajo será el mixto, por la necesidad de procesamiento de los datos. Se realizarán entrevistas, anotación y recorridos por las obras integrando a diferentes integrantes de los equipos de trabajos que se visiten y se realizara una encuesta que se desarrollara en el punto 3.4

3.3 Alcances de la Investigación

El propósito de la investigación es descubrir respuestas a las diferentes necesidades humanas. Durante este proceso, hay diferentes niveles de investigación, como exploratorio, descriptivo, correlacional y explicativo, que buscan comprender y explicar fenómenos como menciona Ramos-Galarza, (2020).

Esta investigación tendrá un alcance exploratorio, pues no se tiene mucho conocimiento del tema en el país. Se tiene el interés en saber cómo se encuentra la aplicación respecto a otros países que están aplicando la gestión visual.

Este tipo de investigación se puede utilizar para métodos cualitativos y cuantitativos, por lo que se acopla a la naturaleza de la investigación.

3.4 Selección de la muestra

Menciona Hernández Sampieri et al., (2014) para seleccionar una muestra, lo primero que debe hacerse es establecer que se va a analizar (individuos, organizaciones periodos, métodos, aplicaciones, etc.). Después de eso, se determina la población.

La unidad de medida para esta investigación se considerará como estudios de caso, ya que puede tratarse de una persona, pareja, familia, objeto, organización o sistema.

Siguiendo el ejemplo que menciona Sampieri, la población seleccionada sería empresas constructoras promotoras de vivienda en Puebla. Que al momento de la investigación estén haciendo o construyendo viviendas.

Partiendo de las empresas afiliadas a CANADEVI delegación Puebla, se tiene que existen 50 miembros registrados. Pero no todos están construyendo en el momento del estudio. Se investigó con las mismas y 8 sí están construyendo. A las que se visitó e hizo la invitación a participar de la evaluación. 5 empresas aceptaron la participación. Cabe mencionar que una compañía cuenta con dos desarrollos de vivienda en el momento.

3.5 Recolección de muestra

La recopilación de información permite a la investigación responder a preguntas importantes, evaluar los resultados y tener una mejor idea de las necesidades y tendencias futuras.

Falcón Morales citado por Flores, (2023) explica que hoy en día todo genera datos en cualquier formato, ya sea virtual, por escrito, presencial, redes sociales, etc. Hernández Sampieri et al., (2003) destaca que un cuestionario es el instrumento más utilizado para la recolección de datos. Con un conjunto de preguntas con relación a una o más variables a medir. Estas preguntas pueden ser abiertas o cerradas.

Las preguntas cerradas delimitan las alternativas de la respuesta. Es decir, se presentan las respuestas al encuestado y él debe elegir lo que mejor califique. Estas preguntas pueden contener 2 o más respuestas.

Para el caso de la investigación será utilizado un cuestionario de preguntas cerradas para facilitar la codificación y preparar un análisis. En algunas preguntas podrán contestar más de dos opciones.

Así mismo para poder realizar la encuesta se necesita una entrevista semiestructurada que permita explicar al entrevistado los procesos que realizan en el sitio.

3.5.1 Modelo de encuesta

El modelo de esta encuesta se basa en la investigación liderada por el doctorando M. en I. Fernando Daniel Lazcano Hernández.

La encuesta se estructuro en dos partes:

- 1) Datos generales de la empresa y el encuestado.
- 2) La adaptación de modelos de gestión visual de gestión visual de (Brady, 2014; Brady et al., 2018; Tezel, 2011; Tezel et al., 2009, 2015, 2016), la filosofía Lean Production que plantea (Gao & Low, 2014) y los apartados con los que concuerda Lean con la guía de gestión de proyectos PMBOK (Bon-Gang, 2018; Garcés & Peña, 2023; Project Management Institute, 2017)

El modelo de encuesta se encuentra en el Anexo 1.

Capítulo 4. Análisis de los Resultados

Los siguientes resultados se obtuvieron de las visitas a diferentes desarrollos localizados en el estado de Puebla. Se visitaron, entrevistaron y encuestaron 6 fraccionamientos en proceso de construcción de las viviendas incluyendo los siguientes municipios.

- Santa Clara Ocoyucan
- San Juan Cuautlancingo
- Santa María Coronango
- Puebla

Las entrevistas se realizaron con varios integrantes del proyecto como fueron, superintendentes, residentes de obra, gerentes de construcción y contratistas.

Se entrevistó a 5 empresas, las cuales se considera son las más representativas y con mayor presencia en el estado. Algunas empresas han buscado certificaciones como el ISO 9001 o Great Place to Work o Empresa Socialmente Responsable. En su mayoría utilizan herramientas como ERP (Sistemas de planificación de recursos empresariales) o CRM (Gestión de relación con los clientes) para control de sus recursos.

Así mismo el 40% de las empresas se encuentran construyendo diferentes centros de vivienda en diferentes ciudades país. El número de empleados por cada obra oscila entre los 51-250 personas, incluyendo al personal administrativo en obra. El 85% de empresas tienen más de 15 años de trayectoria, mientras que el resto es de reciente creación.

Es importante mencionar que las empresas que han buscado una certificación en gestión de calidad como el ISO 9001 destacan en la mejora de sus diferentes procesos, por lo tanto, se percibe una evolución en sus metodologías respecto a las demás.

Antigüedad de la empresa

6 respuestas

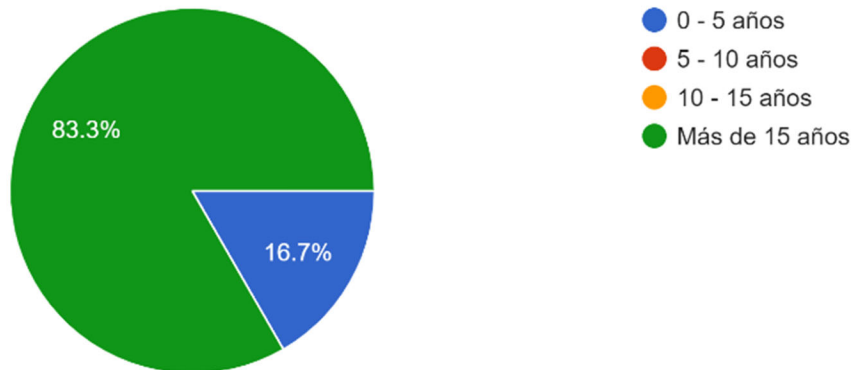


Gráfico 11 Antigüedad de las empresas. Fuente: Elaboración Propia

Los procesos constructivos que se pudieron presenciar que las empresas emplean para la construcción de vivienda son los siguientes.

- Tradicional: con block multiperforado NOVACERAMIC y elementos estructurales
- Muros y losas de concreto armado.
- Autosoportante con castillos ahogados en el block



Imagen 27 Proceso tradicional de construcción Empresa 1. Fuente: Propia



Imagen 28 Proceso Constructivo de muros y losas de concreto armado. Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 29 Proceso constructivo autosoportante con castillos ahogados. Empresa 5. Fuente: Propia

La obra 1 se encuentra en Lomas de Angelópolis III, sección ubicada en Sta. Clara Ocoyucan. Cuenta con 2 prototipos de vivienda con un promedio de 145 m² de construcción y un precio promedio de venta de \$ 2,807,500.00 y un \$/m² de \$19,355.62. El fraccionamiento contempla 72 viviendas de forma horizontal. Utiliza un procedimiento constructivo tradicional que incluye: losa de cimentación, muros de ladrillo prefabricado, losa de vigueta y bovedilla de poliestireno y elementos estructurales de acero y concreto. Este desarrollo tiene la bondad de pertenecer a un fraccionamiento de alta plusvalía en la ciudad de Puebla. Lo construye la Empresa 1.



Imagen 30 Modelos de vivienda de Empresa 1. Fuente: Propia

La obra 2 se ubica en Cuautlancingo, cercano a la planta armadora de vehículos Volkswagen. Cuenta con 5 prototipos de vivienda que van de los 58 a 117 m² de construcción y un precio de venta que va de \$749,000.00 a \$2,360,000.00 un costo de \$/m² de \$12,978.00 a \$20,138.24. El fraccionamiento contempla 148 viviendas de forma horizontal y vertical. Utiliza un procedimiento constructivo tradicional que incluye: losas de cimentación, muros de ladrillo prefabricado, losa de vigueta y bovedilla de poliestireno y elementos estructurales de acero y concreto. Este

desarrollo se encuentra en una zona de alto crecimiento con diversos centros educativos y comerciales cerca. Lo construye la Empresa 2



Imagen 31 Vista de la obra 2. Fuente: Propia

La obra 3 se ubica en Cuautlancingo, cercano a empresas que suministran insumos a la planta de Volkswagen. Cuenta con 3 prototipos de vivienda con un promedio de 87 m² de construcción y un precio de venta que va de \$1,179,100.00 a \$1,599,000.00 un costo de \$/m² de \$13,725.26 a \$18,379.00. Este fraccionamiento alojara a 71 hogares de forma horizontal y vertical. Utiliza un procedimiento tradicional que incluye: ladrillo prefabricado, losa de vigueta y bovedilla de poliestireno y elementos estructurales de acero y concreto. Esta obra se encuentra en una zona de alto crecimiento con diversos centros educativos y comerciales cerca, así como un acceso fácil a la autopista Mex-Pue. Lo construye la Empresa 3.



Imagen 32 Construcción de la obra 3. Fuente: Propia

La obra 4 se ubica en Coronango, cerca de industrias de Volkswagen. Cuenta con 8 prototipos de vivienda que van de los 52 a 117.19 m² de construcción y precios de venta que van de \$720,000.00 a \$2,360,000.00 un valor de \$/m² de \$12,978.69 a \$20,138.24. Este fraccionamiento albergara 204 viviendas de forma horizontal y vertical. Utiliza un procedimiento tradicional que incluye: ladrillo prefabricado, losa de vigueta y bovedilla de poliestireno y elementos estructurales de acero y concreto. Esta obra se encuentra en una zona de alto crecimiento con diversos centros educativos y comerciales cerca, así como un acceso fácil a la autopista Mex-Pue y periférico. Lo construye la Empresa 2.

6 respuestas

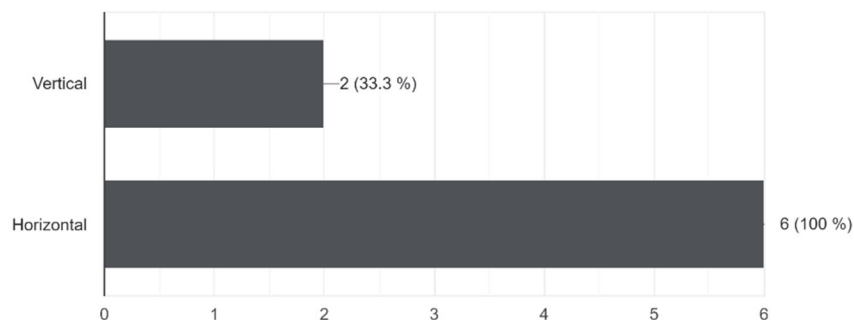


Gráfico 12 Construcción por tipo de vivienda por empresas. Fuente: Elaboración propia



Imagen 33 Construcción de la obra 4. Fuente: Propia

La obra 5 se ubica en la ciudad de Puebla, en la colonia San Isidro Castillotla. Cuenta con un prototipo de vivienda con 104 m² de construcción, un valor de \$1,288,000.00 por vivienda y un valor de \$/m² de \$12,443.24. Esta urbanización cuenta con 104 casas en forma horizontal. Destaca por su proceso constructivo, pues utilizan muros y losas de concreto armado, con una cimbra metálica que van recorriendo, permitiendo avanzar un nivel por día por casa. Esta obra se encuentra en una zona con varias vías que conectan a la ciudad. Lo construye la empresa 4.



Imagen 34 Construcción de la obra 5. Fuente: Propia

La obra 6 se ubica en la ciudad de Puebla, cerca al Batán. Cuenta con un prototipo de vivienda con 116 m² de construcción, un valor de venta de \$2,200,000. Y un valor de \$/m² \$18,965.52. Este conjunto constará de 36 viviendas en forma horizontal. Destaca por su proceso constructivo, la empresa fabrica su propio block, sus elementos estructurales van embebidos en los huecos del block, lo que lo hace autosoportante al igual que sus instalaciones eléctricas e hidráulicas. Utilizan losas de cimentación y de entrepiso con viga y bovedilla. Esta obra tiene un acceso fácil al periférico y una cercanía a ciudad universitaria de BUAP. Lo construye la empresa 5.



Imagen 35 Desarrollo de obra 6. Fuente: Propia



Gráfico 13 Análisis de precios de vivienda. Fuente: Elaboración propia

En el gráfico 13 observamos que la obra 5 tiene una mayor construcción por un menor precio, mientras que la obra 1 y 6 tienen más metros cuadrados de construcción y mayor precio. Mientras que las obras 2, 3 y 5 son similares.

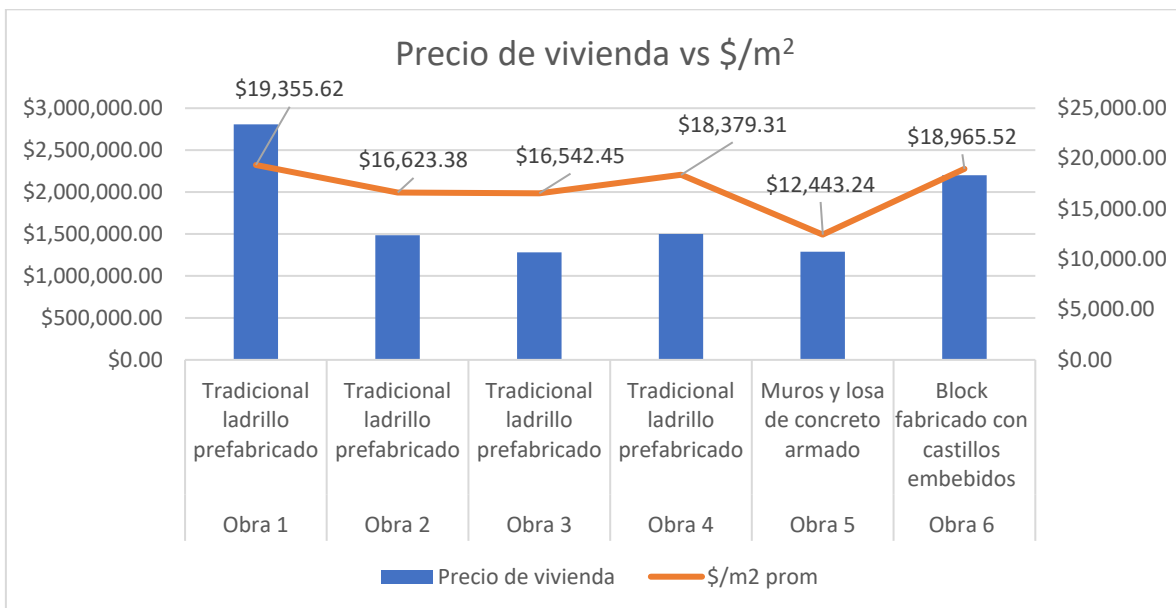


Gráfico 14 Análisis de precio por vivienda vs \$/m2 y proceso constructivo. Fuente: Propia

En el gráfico 14 observamos el precio de venta contra el precio de \$/m2 y tipo de proceso constructivo. En el cual se observa que, por precio y metros cuadrados de construcción, notando que el mejor precio y metros cuadrados de construcción es la obra 5 que contiene un proceso de construcción de muros y losas de concreto armado.

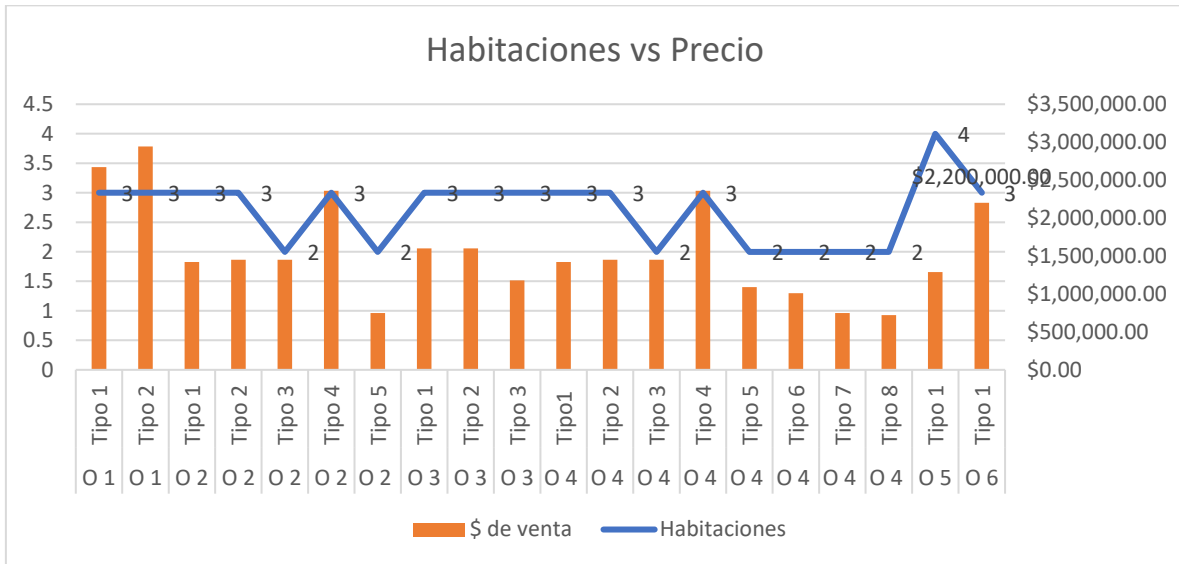


Gráfico 15 Comparativo de habitaciones por prototipo de vivienda por empresa. Fuente: Elaboración propia

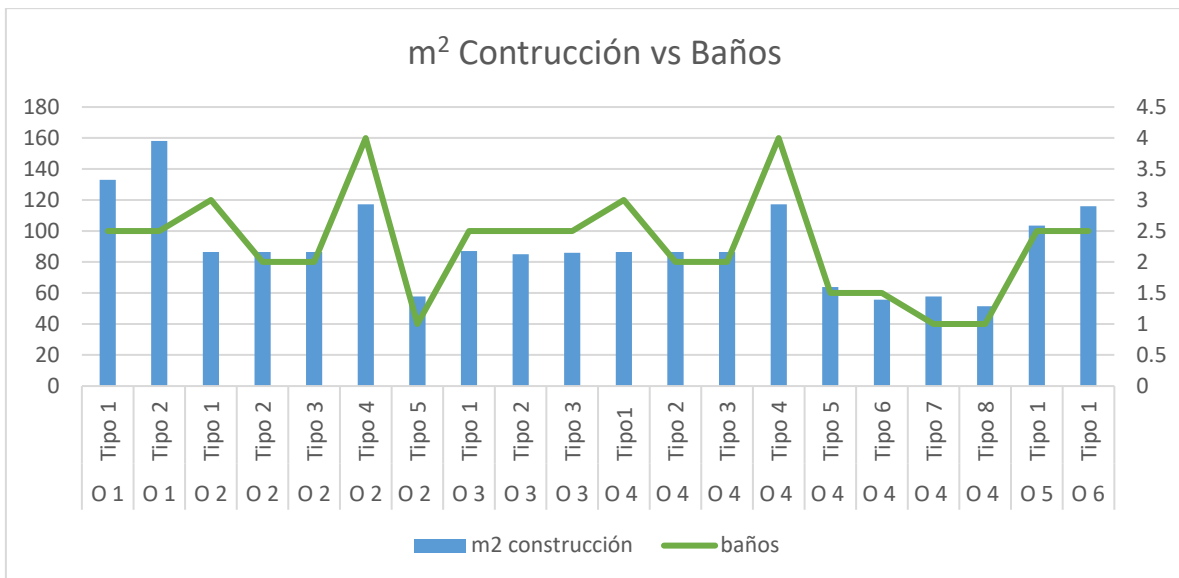


Gráfico 16 Comparativo de m² vs baños por vivienda

4.1.1 Análisis de datos

EMPRESA	OBRA	PRECIO VENT.	\$/M2 CONST	M2 CONST	PROC. CONS	UBICACIÓN	Plusvalía x Ubicac.
EMPRESA 1	OBRA 1	\$2,807,500.00	\$19,355.62	146	Tradicional	Lomas III	15%
EMPRESA 2	OBRA 2	\$1,485,800.00	\$16,623.38	86	Tradicional	Cuatlancingo	0%
	OBRA 4	\$1,281,125.00	\$16,542.45	75	Tradicional	Coronango	0%
EMPRESA 3	OBRA 3	\$1,459,000.00	\$18,379.31	86	Tradicional	Cuatlancingo	0%
EMPRESA 4	OBRA 5	\$1,288,000.00	\$12,443.00	104	Concreto armado	San Isidro Castillotla	2%
EMPRESA 5	OBRA 6	\$2,200,000.00	\$18,965.52	116	Autosoportante	Ex hacienda el angel	10%
	Totales	\$10,521,425.00	\$102,309.28	613.00			

Plusvalía x Ubicac.	Restando el beneficio por Ubic	(\$/M2) Promedio	Frente del terreno	Calidad de obra	Área-Beneficio (+M2)	Costo- Beneficio (>fte, > área, >calidad y < costo m2)	EVALUACION GV
15%	\$16,830.97	16.45%	6.5	2	▶ 146	10	40%
0%	\$16,623.38	16.25%	4.5	2	▶ 86	7	33%
0%	\$16,542.45	16.17%	4.5	2	▶ 75	7	36%
0%	\$18,379.31	17.96%	4.5	2	▶ 86	6	17%
2%	\$12,199.02	11.92%	3	2	▶ 104	8	42%
10%	\$17,241.38	16.85%	6.5	3	▶ 116	11	44%

Gráfico 17. Análisis de datos por costo / beneficio

Se realizó un análisis de datos considerando la ubicación, el \$/m², los frentes de las viviendas, calidad de los trabajos observados en obra, m² de construcción, para obtener la mejor opción de costo – beneficio a la hora de adquirir una vivienda.

Se realizó una unificación de precios por zona para poder considerar que todas las obras se encontraran en una misma región. A las obras 1, 4 y 5 se les resto el porcentaje indicado en el gráfico 17 para obtener la similitud de precio por zona, y poder desarrollar el análisis.

Una vez obtenido un precio promedio se puede destacar que las casas de la obra 6 obtienen la mejor puntuación como opción de compra, seguida por las casas de la obra 1.

Aunque el precio más barato lo tiene la obra 5 respecto a los metros de construcción tener una longitud de fachada muy reducida pierde plusvalía frente a los demás integrantes de la muestra.

Las obras 2, 3 y 5 tienen un costo - beneficio bajo, por las condiciones de su frente.

Es evidente que la empresa 3 que es de reciente creación con menos de 5 años de experiencia tiene menos prácticas de gestión visual respecto a la empresa 5 que tiene más de 40 años de y ha buscado certificaciones de calidad como el ISO 9001.

4.2 Generalidades del personal técnico en obra

Como se mencionó en el apartado 4.1 se realizaron las entrevistas – encuestas con los diferentes encargados de las obras visitadas, entre los que pudimos destacar 1) Gerentes de construcción, 2) Superintendentes, 3) Residentes de obra, 4) jefes de frente, 5) Supervisores externos y 6) contratistas

Cargo que ocupa:
6 respuestas

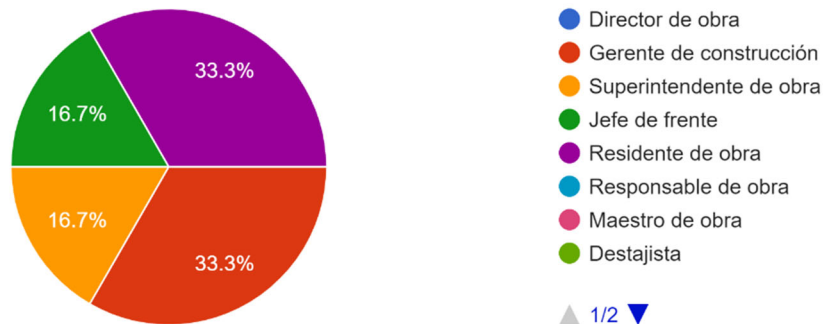


Gráfico 18 Cargos ocupados por entrevistados. Fuente: Elaboración propia

El nivel académico de los encuestados se encuentra en licenciatura y 5 de 6 tiene más de 15 años de experiencia.

Nivel académico:

6 respuestas

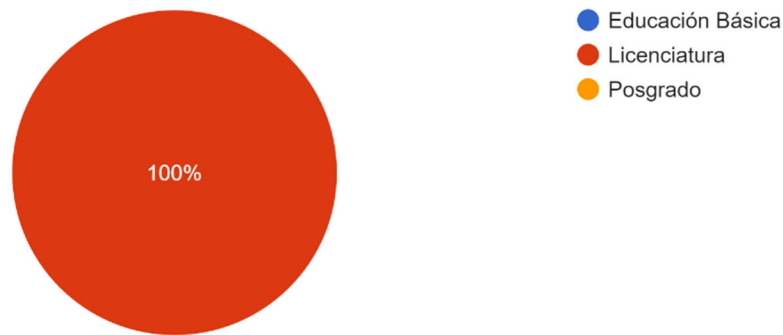


Gráfico 19 Nivel académico del entrevistado. Fuente Elaboración propia

Años de experiencia:

6 respuestas

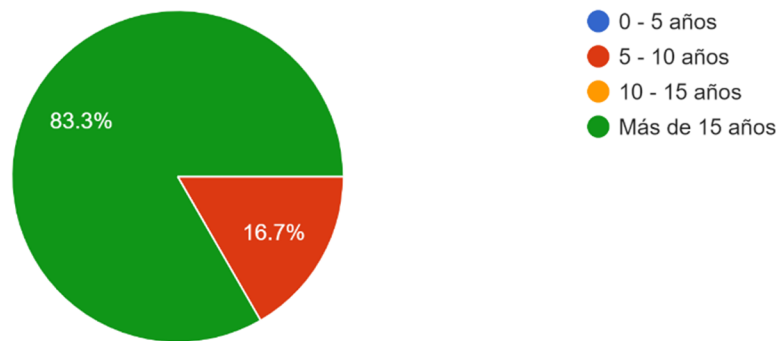


Gráfico 20 Años de experiencia de los entrevistados. Fuente. Elaboración propia

Como parte de las generalidades, en la encuesta se pregunta si conocen o han oído hablar de la filosofía Lean Construction y de la gestión visual en general. A lo que los encuestados en obra en su totalidad desconocen la filosofía Lean Construction y por lo tanto la gestión visual. Un dato preocupante. Lo cierto es que conforme las preguntas de la encuestas avanzaban se notaba la aplicación de la gestión visual de una forma empírica. Por una parte, un contratista de la empresa 2, menciono que:

Realiza marcas con colores en las viguetas según las va verificando, como control de almacén y por otro lado verificación de la calidad y especificaciones para su uso. Una vez que el contratista aprueba el lote, los trabajadores pueden disponer del material para su colocación.

Cargo que ocupa:
6 respuestas

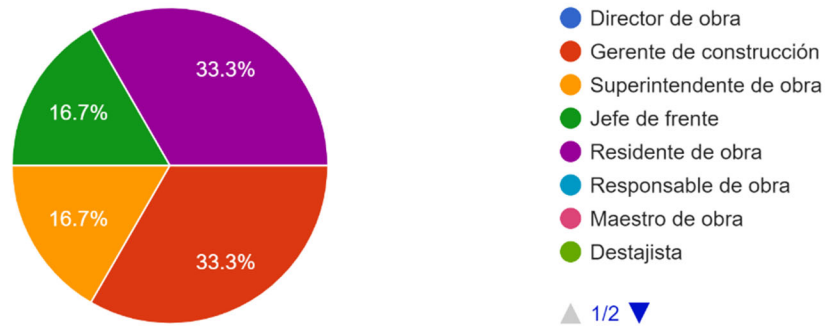


Gráfico 21 Encargados de obras visitadas. Fuente: Elaboración propia

4.2 Etapa de Preconstrucción

En la investigación se considera como pilar, dar a conocer la misión, visión, políticas internas, objetivos y valores de la empresa; tanto al personal interno, proveedores, clientes y al público en general. Con la intención de que sepan las directrices de la empresa.

En la entrevista y recorrido de las obras ninguna las tiene expuesto en un punto central dentro de obra visible para los trabajadores, sin embargo, la mitad de los encuestados tiene un punto de venta en el fraccionamiento en construcción donde si tienen colocados estos puntos.

3. ¿El personal puede identificar visualmente la misión, visión, objetivos, estrategias y valores de la empresa, en la obra que se está desarrollando?

6 respuestas

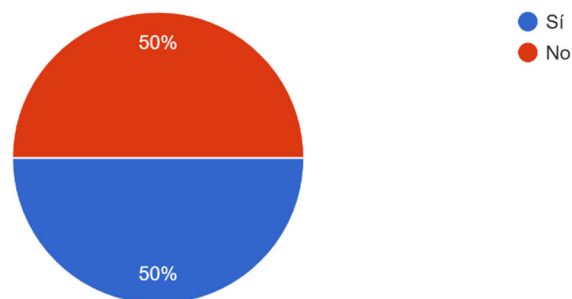


Gráfico 22 Identificación visual de misión, visión, valores, etc. Fuente: Elaboración Propia



Imagen 36 Misión y Política de calidad de la Empresa 5. Fuente: Propia

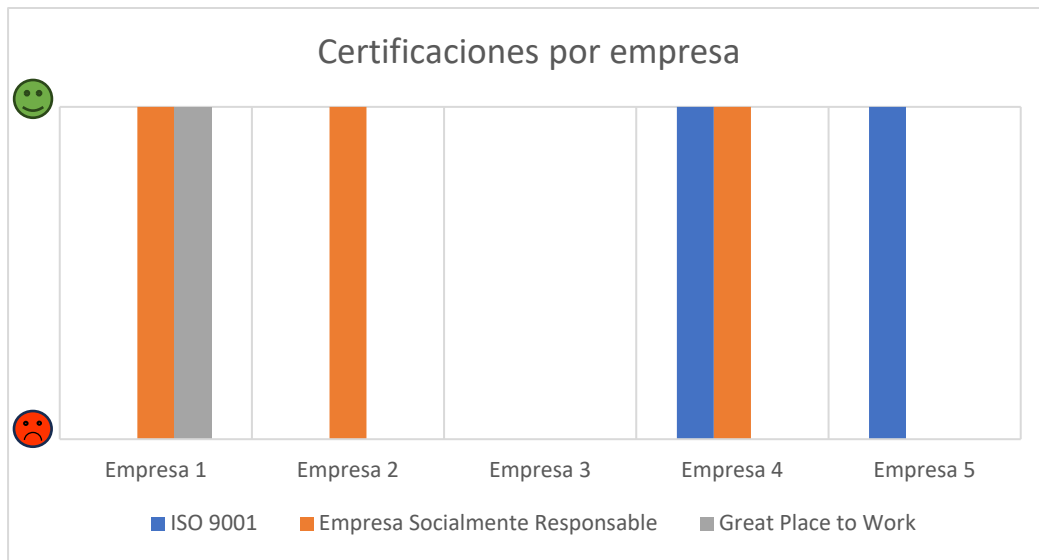


Gráfico 23 Certificaciones por empresa

4.3 Etapa de Tiempo

Para poder evaluar este apartado, se planteó que, para poder programar, controlar y medir los tiempos de las actividades se debería considerar un plan maestro general, un programa de 4 a 8 semanas y un programa sectorizado que puede ser semanal y uno diario. Como se explica en el capítulo 2.3.3.

Para tener mayor eficiencia, se deberían de incluir modelos BIM en 3D, como se menciona en el capítulo 2.3.4. para comprobar errores antes de que sucedan y se le dé una solución lo antes posible.

En todos los casos, los encuestados mencionan tener al menos un programa general de obra, aunque no lo comparten con todo el personal para que lo conozcan y sepan de la programación y los tiempos de duración de las tareas.

La empresa 1 tiene pegado y expuesto el programa maestro en su oficina de obra. Así como la empresa 5 tiene en obra su programa, pero no colgado para que puedan observarlo de un solo vistazo. Las demás empresas comentan que el programa se tiene, pero solo a nivel administrativo y se comparte cuando hay verificaciones por parte de instituciones como Infonavit o alguna identidad crediticia.

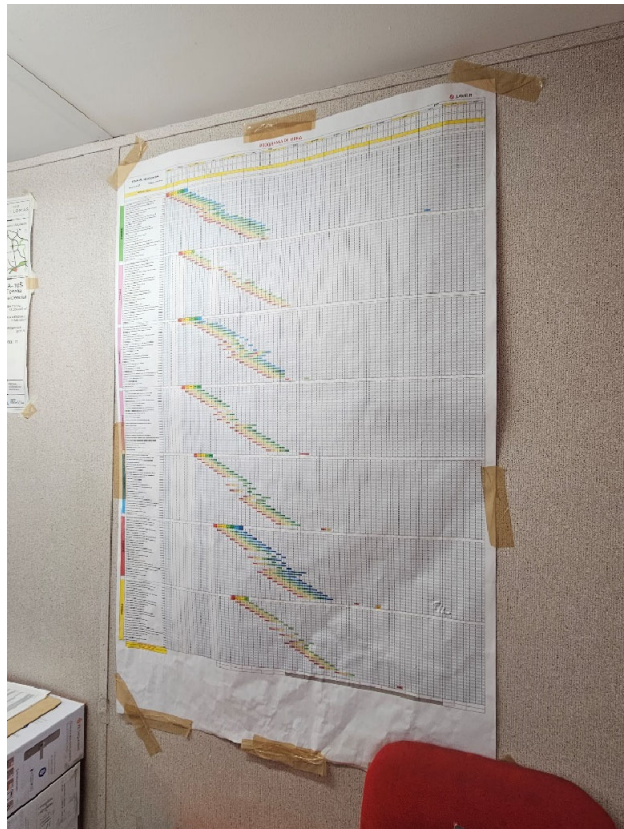


Imagen 37 La empresa 1 tiene pegado visualmente su programa maestro. Fuente: Propia

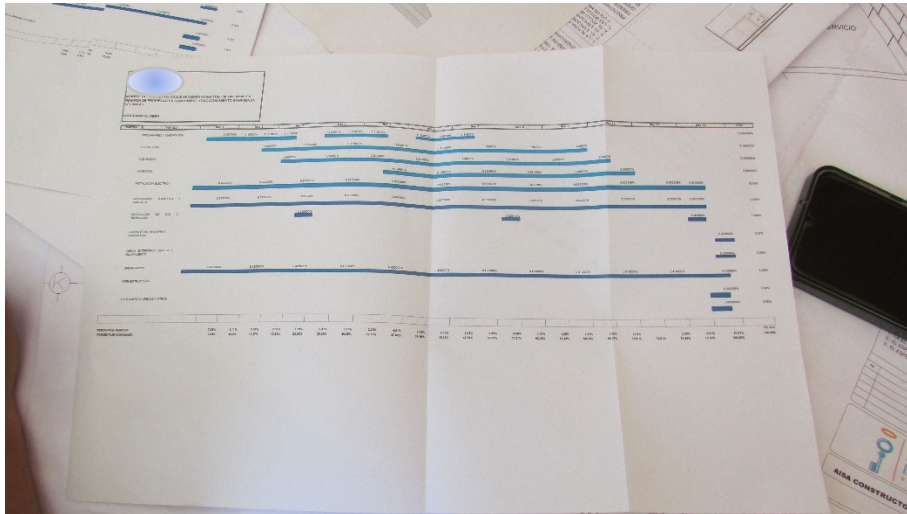


Imagen 38 Programa maestro de la empresa 5 Fuente: Propia

En relación con las demás programaciones la empresa 4 maneja programaciones quincenales y las demás semanales. La empresa 2, 3 y 4 fijan metas para cumplir a lo largo de la semana programada.

La empresa 2 y 4 trabajan de la mano de Director Responsable de Obra (DRO) y una supervisión externa, además de tener superintendente y residentes de obra para verificar que se efectúen los avances semanales programados. Además de cargar el informe semanal en una plataforma digital para informe de los clientes. La empresa 1, 3 y 5 tienen un residente que se asegura de cumplir con sus hitos semanales y reporta directamente a los gerentes generales.

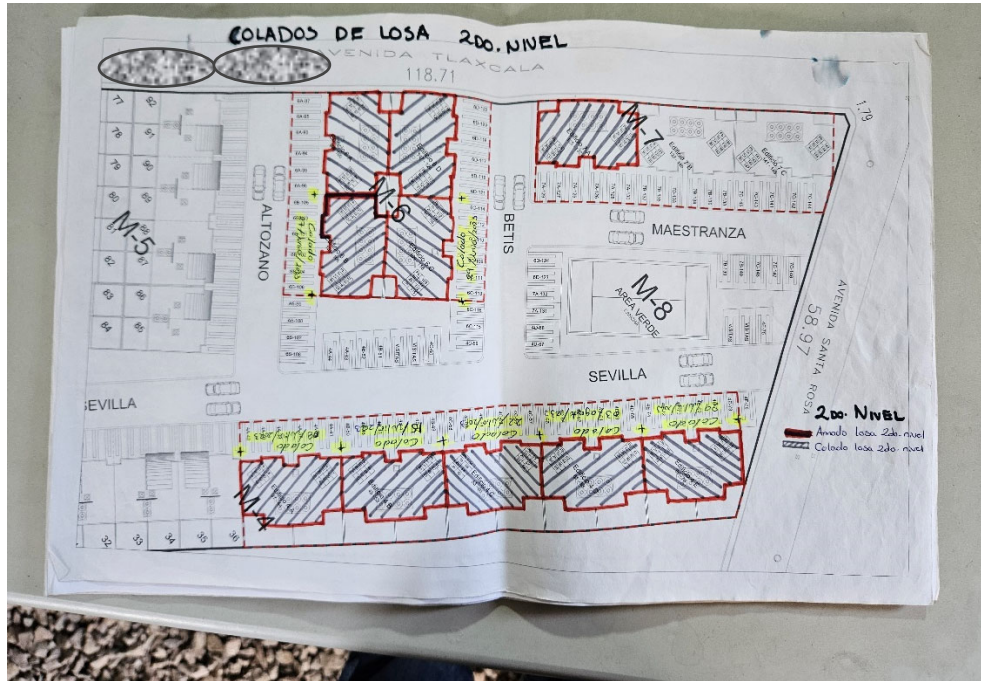


Imagen 39 Control de avances semanal de la empresa 2 en forma visual.

6. ¿El programa semanal se presenta en forma visual para todo el personal, para evitar retrasos en el tiempo del flujo planeado?

6 respuestas

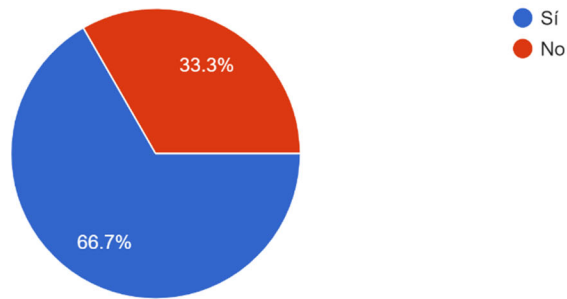


Gráfico 24 Porcentaje de obras que utilizan una programación semanal. Fuente: Elaboración propia

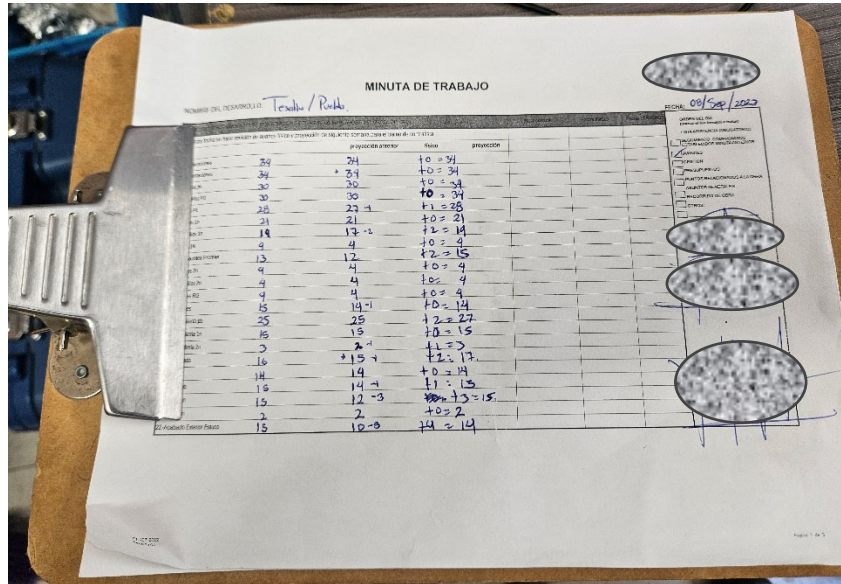


Imagen 40 Lista de verificación diaria, Empresa 1 Fuente: Propia

Las empresas encuestadas cuentan con un ERP. En sus sistemas pueden configurar para que les de los avances semanales programados puedan ser comparados con el avance físico o avance real.

De los encuestados, la empresa 4, en específico la supervisión externa maneja un modelo 3D para presentar avances físicos a sus directivos y no para detectar problemas que puedan surgir durante la ejecución de los trabajos, como cruce de tuberías, problemas de instalaciones o algún otro detalle, problemas que se descubren sobre la marcha en los procesos de construcción. El demás personal expone que intentaron hacer una implementación, tomando capacitaciones de software, pero debido a que requiere una inversión económica alta entre licencias y equipos de cómputo pausaron la ejecución. Las demás empresas no ocupan BIM ni ningún tipo de modelo.

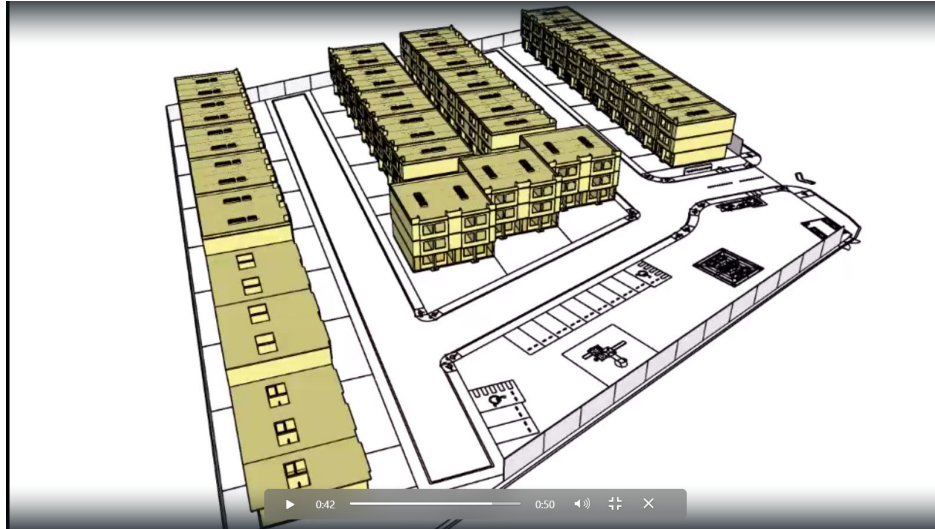


Imagen 41. Modelo 3D de informe de la empresa 4. Fuente. Empresa 4

4.5 Etapa de Calidad

Durante esta fase crucial, que tiene un impacto en la entrega de las viviendas después de la venta, suele haber aspectos que deben ser solucionados y que generan gastos adicionales, lo cual afecta en las garantías de entregas y requiere hacer trabajos adicionales.

En obra se pudo apreciar que la mayoría de las empresas contempla a sus empleados a la hora de estandarizar un proceso constructivo, pues ellos son los más calificados para detectar un problema y solucionarlo de forma, rápida, efectiva, sin tantas complicaciones.

En la obra 1 construyen las cisternas en sitio, pero habilitan la estructura de acero para posteriormente cimbrar y colar. Los trabajadores de acabados utilizan varillas para nivelar el tablero eléctrico al momento de hacer su colocación. También los herreros mejoran la colocación de las rejillas para una fácil apertura y acceso para mantenimiento al canal de aguas pluviales, por mencionar algunos procesos de la obra 1.



Imagen 42. Acero habilitado de cisternas de obra 1. Fuente: Propia



Imagen 43. Colocación de registro eléctrico dentro de la vivienda. Fuente: Propia



Imagen 44 Mejoramiento de la rejilla de colector pluvial. Fuente: Propia.

Los trabajadores de la empresa 4 coloca mangueras para nivelar las chalupas eléctricas para que al momento de colado de sus muros no se muevan y queden a paño del muro. Así mismo emplean sobre la cimbra unos dispositivos para que las instalaciones hidráulicas no se muevan y queden a la altura y nivel correcto.



Imagen 45 Mangueras colocadas a la malla electrosoldada para asegurar la posición del registro eléctrico. Fuente: Propia

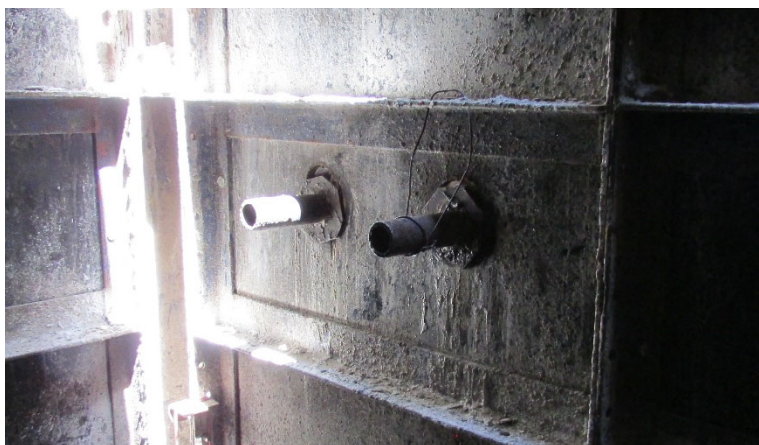


Imagen 46 Tubos para asegurar la posición las llaves de regadera

Las empresas 2, 3 y 4 realizan juntas periódicas para detectar problemas antes de que sea demasiado tarde, buscando una solución desde su causa raíz, que esbozan en minutas de trabajo para que el problema tenga un antecedente y si en un futuro vuelve aparecer sepan cómo solucionarlo.

La empresa 5 tiene identificado como realizar y minimizar sus movimientos de material, tiempos de espera y optimizar los tiempos de personal. Cuentan con un vehículo propio con la capacidad de movilizar y elevar materiales al nivel que se esté empleando.



Imagen 47 Elevación de block a losa de azotea de las viviendas. Fuente: Propia.

Las empresas entrevistadas, verifican la calidad de sus trabajos en obra negra y acabados por medio de listas de verificación, check list y protocolos. El termino cambia según la empresa. Además, las empresas 2 y 5 tiene manuales para verificar especificaciones de proyecto y asegurar una buena calidad.

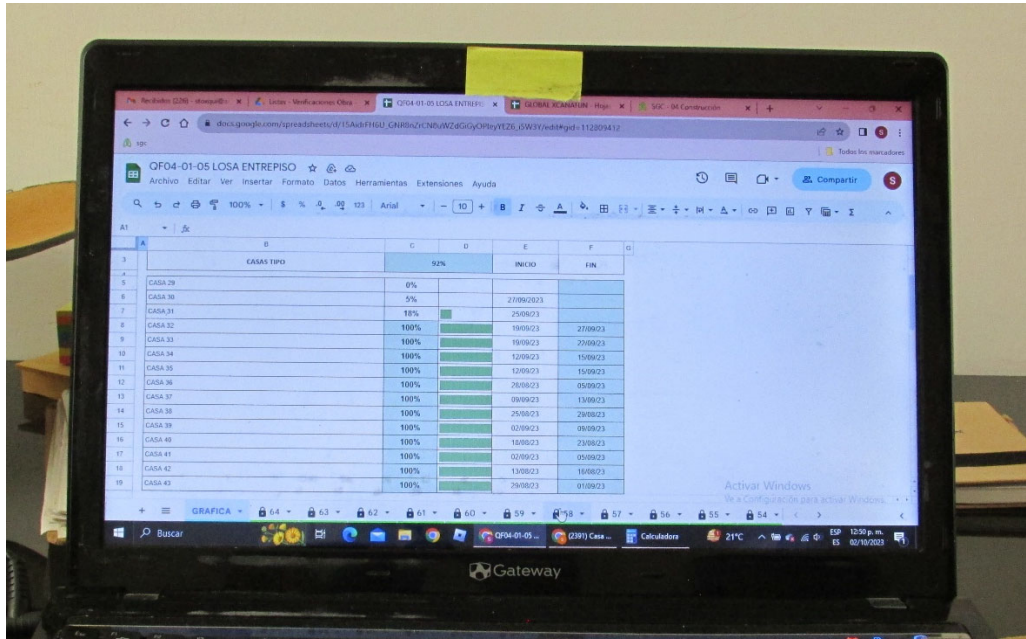


Imagen 48. Lista de verificación para poder realizar colado de losa de entepiso, empresa 5. Fuente: Propia

PROTOCOLO DE PROCESO CONSTRUCTIVO				EDIFICACION	
E-011	VACIADO DE CONCRETO			PROTOTIPO DE VIVIENDA	
MUROS Y LOSAS					
OBRA					
CALLE	STO DOMINGO	MODULO	casq 70	toba azotea	
ELEMENTO				FECHA	30 AGo 20 22
CONCRETO PREMEZCLADO		200-N-20-14		REVISION	
SERVICIO DE BOMBEO		P.O.P.A. # 83			
OLLA	M3	SALIDA	LLEGADA	VACIADO	CIMBRA
1a RE 2409	8.00	10.50	12.11	12.20	HABILITADO DE ACERO
2a 2471	5.50	11.07	12.15	12.36	INSTALACION ELECTRICA
					INST HIDRAULICA
					INSTALACION SANITARIA
					INSTALACION PLUVIAL
PRUEBA REVENIMIENTO				JUNTA CONSTRUCTIVA	
OLLA	RESULTADO	OLLA	RESULTADO	VIBRADORES	
1a	17.50				
2a	15.00				
LIMPIEZA GENERAL					
OBSERVACIONES					
ARTESA PARA SOBRIANTE DE CONCRETO EN OLLA O TOLVA.					
ELEMENTO PARA UTILIZAR CONCRETO SOBRIANTE					
SOBRIANTE DE CONCRETO NO UTILIZADO.					
FALTANTE DE CONCRETO					
VERIFICACION				OBSERVACIONES	
1A. REVISION	29 AGo 2022				
LIBERACION				OBSERVACIONES	
ENTREGA/RECEPCION					
FECHA					

Nota. Se solicitaron 2 m3 para vaciado de banquetas en area de tortugas.

Imagen 49 Protocolo de verificación de colado de losa. Empresa 4. Fuente: Propia

Ninguna de las empresas visitadas aplica la metodología 5S para mantener almacenes y los sitios de trabajos limpios. De los encuestados desconocen la metodología e interpretan que solo es mantener limpias las áreas donde se labora.

La encuesta contempla en su pregunta 17 si se tiene un tablero visual lean SQDP, que incluye los apartados de seguridad, calidad, entregas y personal en la obra. Ninguna empresa lo tiene empleado y desconoce de su existencia y funcionamiento. Aunque este tablero es perteneciente a otras industrias, se considera que se puede adaptar perfectamente a la construcción y puede ser de gran ayuda para controlar las obras y saber el estado de la obra.

En cuanto a los almacenes las empresas no tienen una forma, dispositivos para identificar los materiales, su ubicación, o control de existencias.

Un contratista de la obra 4 que ejecuta la empresa 2 identifica sus materiales por medio de colores. Marca sus viguetas por prototipo de vivienda, dimensiones de viguetas. Su proceso es recibir las viguetas, verificar que sean las del proyecto, la cantidad necesaria. Una vez que comprobó les hace una marca con un aerosol y las libera para que puedan colocarlas.



Imagen 52 Vigueta marcada por contratista de la empresa 2. Fuente: Propia

En general todas las empresas constructoras, utilizan vales de entrada y salida en sus almacenes para controlar los niveles de materiales. Tampoco aplican la metodología del 5S en sus almacenes para mantenerlos limpios y en orden.



Imagen 53 Almacén de la empresa 1. Fuente: Propia



Imagen 54 Almacén de empresa 3. Fuente: Propia



Imagen 55 Almacén de la empresa 5. Fuente: Propia

Para construir viviendas con altos niveles de calidad, una estrategia para lograrlo es utilizar prefabricados, dispositivos, escantillones, que permitan estandarizar y sistematizar procesos. En la tabla siguiente se muestran los que utilizan las empresas.

	Escantillones	Prefabricados	Otros
Obra 1	Esc. Ventanas	Registros sanitarios	- Muros perimetrales prefabricados
Obra 2	Esc. Ventanas Esc. Puertas		Reglas para plomear muros
Obra 3			- Reglas para plomear muros - Cimbra metálica
Obra 4	Esc. Ventanas Esc. Puertas		-Reglas para plomear muros
Obra 5	Esc. Ventanas	Muretes de luz Bases poste de luz Cisternas	Cimbra metálica para su prototipo de vivienda
Obra 6	Esc. Ventanas	Block de diseño propio	- Reglas Batimax - Cimbra para registros - Cimbra metálica

Gráfico 25 Escantillones, prefabricados y otros, que utilizan las empresas. Fuente: Elaboración propia



Imagen 56 Registro sanitario prefabricado, Empresa 1. Fuente: Propia



Imagen 57 Registros eléctricos prefabricados, Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 58 Cisterna prefabricada, Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 59 Escantillón de ventana, Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 60 Cimbra metálica para registros sanitarios, Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 61, Cimbra metálica para muros y losas, Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 62 Cimbra metálica para domos y remates de muros, Empresa 4. Fuente Propia



Imagen 63 Escantillón para puertas, Empresa 5. Fuente: Propia



Imagen 64 Cimbra metálica para registros sanitarios, Empresa 5. Fuente Propia



Imagen 65 Escaleras para andamios, Empresa 5. Fuente Propia



Imagen 66 Cimbra metálica para domos, Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 67 Fabricación de viguetas en sitio. Empresa 5. Fuente Propia

4.6 Etapa de Seguridad

Este apartado de la encuesta las empresas no consideran los riesgos que pueden surgir antes, durante y después de la construcción de los desarrollos. Los contratistas confunden los riesgos y seguridad con accidentes. Pero dejan por fuera los riesgos externos, como pueden ser lluvias o malas condiciones climáticas, por mencionar un ejemplo. Que pueden poner en riesgo la correcta ejecución de los procesos constructivos para la finalización del fraccionamiento. Por lo tanto, ninguna empresa identifica los riesgos externos.

Las empresas no tienen publicado un tablero, manta o letrero de cuantos días sin accidente lleva la obra. Que podrían utilizarlo con fines de marketing. Y mencionan que no han tenido accidentes en lo que lleva de ejecución sus proyectos.

La empresa 1 tiene a su entrada una lona, que indica el equipo de protección personal mínimo que debe portar el trabajador para poder ingresar a la obra. En su almacén, oficina de campo y fraccionamiento tienen identificadas por medio de lonas zonas seguras en caso de sismo. Tienen delimitada el área de casas muestras con el área donde se realizan trabajos. Tienen bien identificado donde están sus extintores por medio de señaléticas. Pero no se logró ver un sembrado del lugar donde ubicar todos los puntos de seguridad en la obra. En la obra se pudo apreciar que había excavaciones y ellas estaban delimitadas con cinta plástica de peligro.



Imagen 68 Señalética para sismo, incendio, equipo de protección personal en la obra, Empresa 1. Fuente: propia



Imagen 69 Lona de Equipo de protección personal al acceso de la obra, Empresa 1. Fuente: propia



Imagen 70 Punto de reunión, Empresa 1. Fuente: propia



Imagen 71 Cisterna en construcción delimitada con cinta de precaución, Empresa 1, Fuente: propia

La empresa 2 tiene un encargado de seguridad, quien hace recorridos periódicos para dar supervisión a la señalética, rutas de evacuación y equipo contra incendio. Hace una visita constante a los dos desarrollos que tiene la empresa. Aunque los desarrollos tienen señalética no es suficiente para las dimensiones del desarrollo.



Imagen 72 Ruta de evacuación en Obra 4, empresa 2. Fuente: propia



Imagen 73 Localización de extintor en bodega de contratista, Obra 4, Empresa 2. Fuente: Propia



Imagen 74 Localización de botiquín de primeros auxilios en almacén de contratista, Obra 4, Empresa 2. Fuente: Propia

La constructora 3 el día que se visitó y realizó la encuesta estaba colocando su señalética. Por lo que no se pudo apreciar si estaba visible y suficiente.

La empresa 4 tiene contratado un gestor que se encarga de diseñar las zonas seguras en caso de sismo, la ubicación de los equipos contra incendios, botiquines de primeros auxilios, rutas seguras. Los trabajadores utilizan pasillos a doble o triple altura que están bien asegurados, pero no tienen un barandal de contención, por lo que se vuelve un riesgo para la seguridad del personal. La empresa 4 mencionó que consideran un accidente desde una cortada hasta cualquier accidente que pueda sufrir el trabajador. Al igual que la empresa 1 tienen delimitada el área de ventas con la de trabajos.



Imagen 75 Delimitación de zona de trabajos con área de visita de posibles compradores. Empresa 4, Fuente: Propia



Imagen 76 Delimitación de zona de trabajos con área de visita de posibles compradores. Empresa 4, Fuente: Propia

La empresa 5 está construyendo dentro de un fraccionamiento, por lo tanto, tienen un acceso controlado. Cuentan con señalética de zona de máquinas trabajando a la entrada de la obra. Además, tienen delimitada la zona de trabajo con una malla plástica naranja.



Imagen 77 Anuncio de máquinas trabajando. Empresa 5. Fuente, Propia



Imagen 78 Señalética contra incendios en almacén de empresa 5. Fuente: Propia



Imagen 79 Delimitación de la obra con el demás fraccionamiento. Empresa 5. Fuente: Propia

4.7 Etapa de Medio Ambiente

En el ámbito de la protección del medio ambiente, se presenta una oportunidad destacada para abordar los desafíos del cambio climático. Es esencial tener en

cuenta los cambios meteorológicos al planificar nuestras actividades, y a que su impacto es significativo.

Aunque los encuestados buscan tener una gestión de mitigación en pro del medio ambiente, dejan pasar muchas oportunidades de aplicación. Pues no presentan un conjunto de acciones encaminadas a la minimización de desperdicios que afectan al medio ambiente.

En este apartado una empresa se destaca respecto a los demás, pues controla los residuos de una muy buena manera, al tener un área designada para los diferentes desechos que pueden surgir de los procesos constructivos. En la zona designada separa por tipo de desechos, controla líquidos contaminantes que, aunque no tiene maquinaria pesada todo el tiempo designa el área por si se tuviese la necesidad de realizar manejo de los líquidos.



Imagen 80 Separación basura por tipo de residuos, Empresa 4. Fuente: Propia



Imagen 81 Delimitación de zona de residuos peligrosos con basura, Pet, cartón, etc. Empresa 4, Fuente, Propia

Las demás empresas realizan una separación de basura menos exhaustiva, la empresa 2 realiza una separación de los desechos de las bovedillas de poliestireno para reutilizarlas y en su defecto tiene convenio con una recicladora para su reutilización. Lo separa en costales que la recicladora pasa a vaciar. Aunque no lo tiene señalado y con una metodología, realiza la buena practica.



Imagen 82 Separación del poliestireno como buena práctica, empresa 2. Fuente: Propia

4.8 Etapa de Cadena de Suministro

En este apartado, las empresas no ponen mucho énfasis al apoyo a proveedores en el proceso de la obra, como buenas prácticas de sus materiales.

La empresa que más atención y desarrollo a logrado es la empresa 5 pues ha desarrollado su propia fabricación d block para su proyectos, además tiene la infraestructura para para realizar su propio concreto y su propia bomba.

Esta empresa cuenta con un ERP que en cuanto a proveedores puede calificar su desempeño o calidad con un “conforme” o no conforme que el departamento de compas más adelante da el seguimiento necesario si hubiese una inconformidad y da una calificación al proveedor.

No tienen una forma de dar una evaluación en cuanto a la calidad de los trabajos, que permita diferenciar las diferentes calidades de obra. En esta evaluación el residente menciona que tiene 3 contratistas y que son los mismos con los que llevan trabajando muchos años.

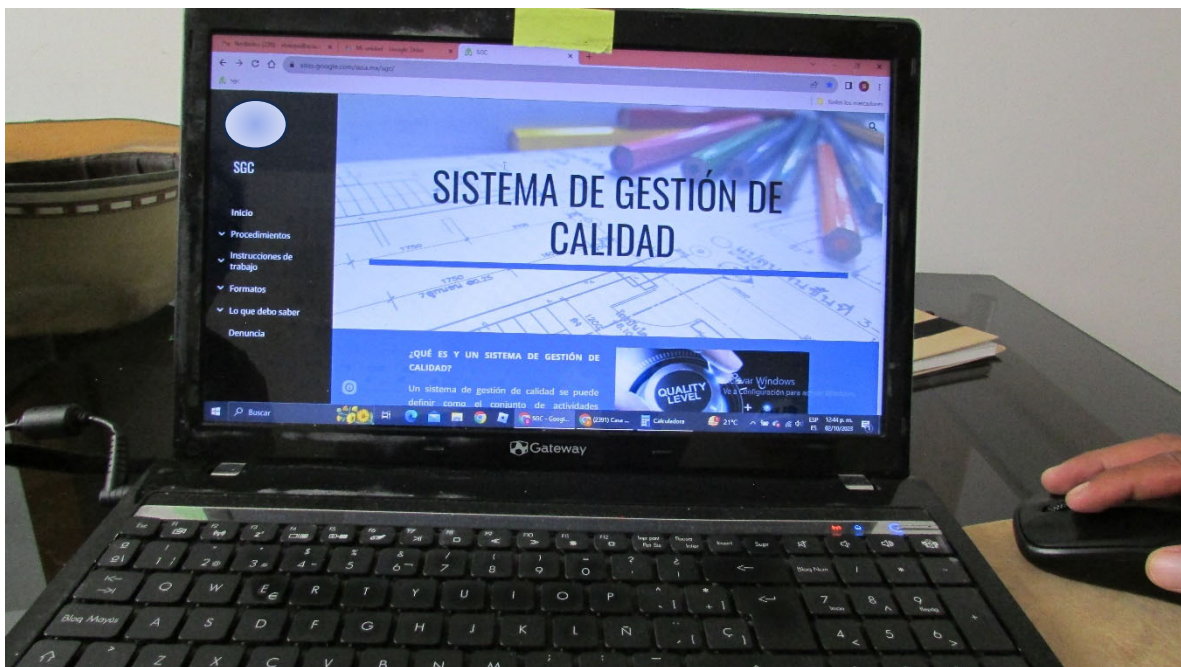


Imagen 83 Sistema de gestión de calidad, empresa 5. Fuente: Propia

La empresa 4 también cuenta con un sistema ERP, pero no sigue un proceso de calificación a proveedores. La residencia de obra da una valoración a sus contratistas y subcontratistas, pero no la comparten de forma visual para que todos la conozcan. En cuanto a la calidad de mano de obra no realizan una evaluación para generar una sana competencia, como una buena práctica.

La empresa 3, no realiza un proceso de calificación a proveedores y a contratistas. Pues menciona que solo cuenta con uno y él se encarga de tener siempre a sus especialistas.

La empresa 2, realiza calificación a contratistas, quien los califica es la supervisión externa y comunica la información de forma verbal, por lo que no se contempla visualmente en la obra.

4.9 Etapa de Recursos Humanos

El insumo más importante de la empresa, el capital humano, como lo plantea la filosofía Lean tiene un control básico la mayoría de las empresas.

Todas las empresas saben dónde ubicar a sus diferentes trabajadores por especialidad que estén trabajando en el día. Pero no lo tiene ubicado en un sembrado del fraccionamiento. Debido a que algunas obras todavía están en fases tempranas de obra negra, no tienen a muchos subcontratistas en las casas.

De las obras visitadas, no tienen una manera visual de estimular al personal en la obra, incentivándolos a mejorar sus rendimientos, estandarizar procesos constructivos, evitar una alta rotación de personal, una forma de alentar al personal es premiando la puntualidad, la mejor cuadrilla de albañilería, carpintería, etc.

En oficina centrales de la empresa 2 se pudo apreciar que tienen al mejor empleado del mes, pero solo lo realizan en las oficinas centrales.



Imagen 84 Premiación visual a la mejor colaboradora del mes en oficina central, Empresa 2. Fuente Propia

4.10 Análisis de datos de la Gestión Visual en Lean Construction en el estado de Puebla.

En el estado de Puebla se percibe una aplicación de 38% sobre una escala de 100% en la aplicación de la gestión visual

Las etapas de planeación -avances que contemplan más procesos son las que mejor evaluadas están, ya que los constructores se han centrado en tener mejores planeaciones y estándares de calidad.

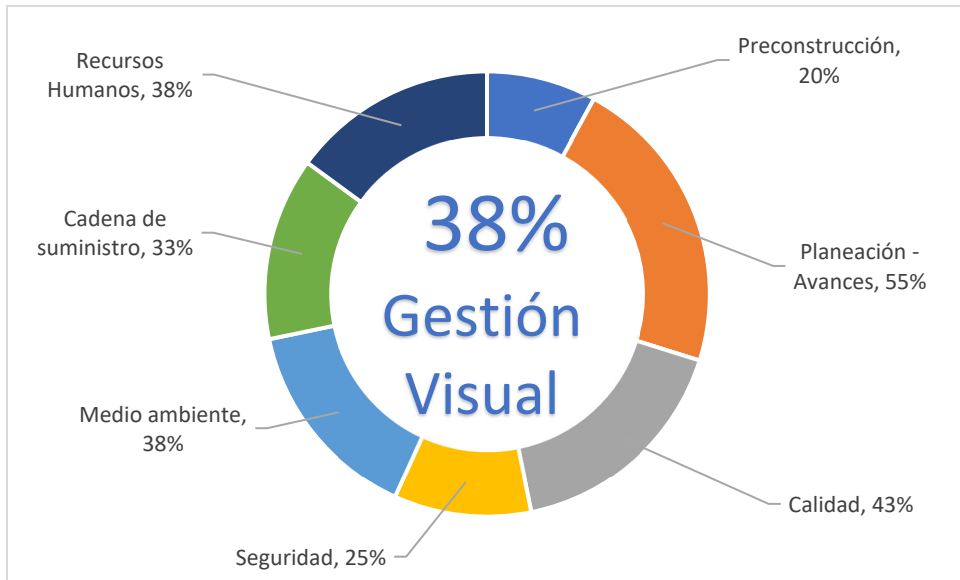


Gráfico 26 Aplicación de la Gestión Visual en el Estado de Puebla.

Conclusiones

En esta tesis se analizó mediante estudios de caso en sitio, el estado actual de la aplicación de la gestión visual con la metodología Lean Construction, en las diferentes etapas de un proyecto de desarrollo de viviendas, como lo son planeación, ejecución, control, calidad en los trabajos en la que se apreció que se tiene una aplicación limitada en las empresas constructoras de vivienda en el estado de Puebla.

Esto se debe a que en la totalidad de los participantes entrevistados desconocen de la filosofía Lean y por tanto la gestión visual. Eso tiene como consecuencia no poder reconocer las herramientas visuales existentes, para el control de un proyecto como en otros lados del mundo ya se están haciendo desde hace más de una década. La mayoría de los constructores tiene en práctica la gestión visual de forma empírica.

En los recorridos por las obras se observó que la organización que tienen es deficiente, que no tienen un verdadero control de sus actividades, recursos financieros, materiales y humanos, no tiene una visión a largo plazo como lo plantea la filosofía Lean para mejorar constantemente. No se aprovechan los recursos disponibles para facilitar la ejecución de los trabajos, por ejemplo, nadie utiliza BIM para prevenir posibles fallas en los diseños de proyecto disminuyendo así costos de retrabajos y materiales.

Como se menciona en la bibliografía el activo más importante de una empresa, los recursos humanos muchas veces no tiene la disposición al cambio y no se comprometen para dar mejores resultados, además de que no se sienten motivados para esa mejora. Esto se hizo más evidente cuando se visitó a las empresas para participar en el estudio y muchas prefirieron desistir, excusándose que no tenían tiempo y estaban muy ocupados.

En el estudio se comprobó que en las áreas donde más se utiliza la gestión visual es en Planeación-Avances y Calidad. Y las áreas donde menos se utiliza es en Seguridad seguido de cadena de suministro, medio ambiente y recursos humanos. Cada empresa tiene sus propias formas de trabajo y hace más énfasis en las diferentes áreas.

La aplicación de la gestión visual ayuda a que las empresas constructoras de viviendas en su proceso constructivo optimicen tiempo y calidad logrando que puedan ofrecer mejores casas a los clientes. Como se demostró en el análisis del capítulo 4.1.1 y en las visitas en sitio, las empresas que cuentan con una mayor calificación en gestión visual para la construcción de vivienda tienen mejor calidad, control y eficiencia en sus recursos, pudiendo dar al cliente un producto de mayor calidad respecto a su precio, como se plantea en la filosofía Lean.

Bibliografía

- Adepoju, O. (2022). Building Information Modelling. In O. Adepoju, C. Aigbavboa, N. Nwulu, & M. Onyia (Eds.), *Re-skilling Human Resources for Construction 4.0: Implications for Industry, Academia and Government* (pp. 43–64). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-85973-2_3
- Audeves Pérez, S. A., Solís Carcaño, R. G., Álvarez Romero, S. O., & Martínez Álvarez, A. (2013). CAUSAS DE FALLAS CONSTRUCTIVAS PRESENTADAS EN PROYECTOS VIVIENDAS. *Compilación Artículos de Administración y Tecnología Para La Arquitectura, Diseño e Ingeniería 2013*, 117–133. https://administracionytecnologiaparaeldisenio.azc.uam.mx/publicaciones/com_p_2013/06.pdf
- Ballard, H. G. (2000). *The Last Planner System of production control*. The University of Birmingham.
- Bartels, N., Höper, J., Theißen, S., & Wimmer, R. (2003). *Application of the BIM Method in Sustainable Construction* (1st ed.). Springer Cham.
- Bartels, N., Höper, J., Theißen, S., & Wimmer, R. (2023). Building Information Modelling. In N. Bartels, J. Höper, S. Theißen, & R. Wimmer (Eds.), *Application of the BIM Method in Sustainable Construction: Status Quo of Potential Applications in Practice* (pp. 21–29). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-12759-5_3
- Bell, E., & Davison, J. (2013). Visual Management Studies: Empirical and Theoretical Approaches*. *International Journal of Management Reviews*, 15(2), 167–184. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2370.2012.00342.x>
- Bon-Gang, H. (2018). Chapter 6 - Knowledge Areas and Skills for Green Construction Project Management. In H. Bon-Gang (Ed.), *Performance and Improvement of Green Construction Projects* (pp. 61–83). Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815483-0.00006-5>

- Brady, D. A. (2014). *Using visual management to improve transparency in planning and control in construction*. [University of Salford]. <https://salford-repository.worktribe.com/output/1421572/using-visual-management-to-improve-transparency-in-planning-and-control-in-construction>
- Brady, D. A., Tzortzopoulos, P., Rooke, J., Formoso, C. T., & Tezel, A. (2018). Improving transparency in construction management: a visual planning and control model. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 25(10), 1277–1297. <https://doi.org/10.1108/ECAM-07-2017-0122>
- CONAPO. (2019). *Proyecciones de la población de México y las entidades federativas 2016-2050 Puebla* (CONSEJO NACIONAL DE POBLACION (CONAPO), Ed.). http://www.conapo.gob.mx/work/models/CONAPO/Cuadernillos/21_Puebla/21_PUE.pdf
- Emmitt, Stephen. (2014). *Design Management for Architects* (2nd Edition). Wiley-Blackwell.
- Flores, N. (2023, March 21). *Recolección de datos: qué es, ventajas y consejos para usarlos*. <https://blog.maestriasydiplomados.tec.mx/recoleccion-de-datos-que-es-ventajas-y-consejos-para-usarlos>
- Formoso, C., dos Santos, A., & Powell, J. (2002). An exploratory study on the applicability of process transparency in construction sites. *Journal of Construction Research*, 3. <https://doi.org/10.1142/S1609945102000102>
- Galsworth, G. D. (1997). *Visual systems: harnessing the power of the visual workplace*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:107323935>
- Gao, S., & Low, S. P. (2014). *Lean Construction Management*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-287-014-8>
- Garcés, G., & Peña, C. (2023). A Review on Lean Construction for Construction Project Management. *Revista Ingeniería de Construcción*, 38. <https://doi.org/10.7764/RIC.00051.21>
- Grinnell, R. M. (1997). *Social work research & evaluation: quantitative and qualitative approaches* (5th ed). F.E. Peacock.

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, & Baptista Lucio, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta Edición). McGraw-Hill.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2003). *Metodología de la Investigación* (Tercera edición). McGraw-Hill .
- INEGI. (2020a). *ENCUESTA NACIONAL DE VIVIENDA (ENVI), 2020*.
<https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2021/envi/ENVI2020.pdf>
- INEGI. (2020b). *CENSO DE POBLACION Y VIVIENDA*.
<https://www.inegi.org.mx/programas/ccpv/2020/>
- INEGI. (2023). *Valor de la producción en la Construcción*.
<https://www.inegi.org.mx/temas/construccion/>
- Koskela, L. (1992). *Application of the New Production Philosophy to Construction*. Stanford University.
- Liker, J. K. (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.
- Pons Achell, J. F. (2014). *Introducción a Lean Construction* (1ª edición). Fundación Laboral de la Construcción.
- Pons Achell, J. F., & Rubio Pérez, I. (2021). *LEAN CONSTRUCTION: LAS 10 CLAVES DEL ÉXITO PARA SU IMPLANTACIÓN* (1.ª edición).
- Porrás Díaz, H., Sánchez Rivera, O. G., & Galvis Guerra, J. A. (2014). Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción. *Avances Investigación En Ingeniería*, 11(1), 32–53. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.298>
- Project Management Institute. (2017). *Guía de los Fundamentos Para la Dirección de Proyectos (guía del PMBOK): (Spanish version of: A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK Guide)* (6th ed.). Project Management Institute.
- Ramos-Galarza, C. A. (2020). Alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–6. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

- Sánchez Baños, O., & Cruz Osnaya, A. (2017). Heijunka, una herramienta para la nivelación de producción. *Memorias Del Congreso Científico Tecnológico de Las Carreras de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Industrial y Telecomunicaciones, Sistemas y Electrónica*.
- Tamayo y Tamayo, M. (2009). *El proceso de la investigación científica* (5a ed.). Limusa.
- Tezel, A. (2011). *Visual Management: An exploration of the concept and its implementation in construction*. University of Salford.
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2009). *The Functions of Visual Management*.
- Tezel, A., Koskela, L., & Tzortzopoulos, P. (2016). Visual management in production management: a literature synthesis. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 27(6), 766–799. <https://doi.org/10.1108/JMTM-08-2015-0071>
- Tezel, A., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., Formoso, C. T., & Alves, T. (2015). Visual Management in Brazilian Construction Companies: Taxonomy and Guidelines for Implementation. *Journal of Management in Engineering*, 31(6). [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)ME.1943-5479.0000354](https://doi.org/10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000354)
- Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Económicas, J. G., Muratalla-Bautista, G., Jiménez Castillo, M. T., Vargas-Hernández, J. G., Muratalla-Bautista, G., & Jiménez Castillo, M. T. (2018). Ciencias administrativas : revista digital. In *Ciencias administrativas* (Issue 11). Facultad de Ciencias Económicas. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2314-37382018000200081&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Anexos

Anexo 1. Encuesta aplicada en las entrevistas

La encuesta aplicada a las empresas constructoras de vivienda del Estado de Puebla Consta de tres partes:

- 1) Consentimiento informado
- 2) Datos Generales de la empresa y Datos generales del encuestado
- 3) Aplicación de la Gestión Visual Lean

DATOS GENERALES						
Consentimiento Informado:		Sí	No			
Datos Generales Empresa	Nombre comercial de la empresa (Opcional) .					
	Número de empleados	0 - 10 Personas (Micro)	11 - 50 Personas (Pequeña)	51 - 250 Personas (Mediana)	Más de 250 Personas (Macro)	
	Antigüedad de la empresa	0 - 5 años	5 - 10 años	10 - 15 años	Más de 15 años	
	Construcción de tipo de vivienda (puede elegir más de una)	Vertical	Horizontal			
	Porcentaje de obra construidas fuera de México (Internacionalización)	0	1 - 33%	34 - 66%	67 - 100%	
	¿Realiza construcción de vivienda en Puebla?	Sí	No			
	¿Realiza construcción de vivienda en otros estados de México?	Sí	No			
Datos encuestado	Nombre (Opcional)					
	Correo (Opcional)					
	Celular (Opcional)					
	Cargo que ocupa:	1 Director de obra	2 Gerente de construcción	3 Superintendente de obra	4 Jefe de frente	5 Residente de obra
		6 Responsable de obra	7 Maestro de obra	8 Destajista	9 Subcontratista	10 Proveedor
Nivel académico:	Educación Básica	Licenciatura	Posgrado			
Años de experiencia:	0 - 5 años	5 - 10 años	10 - 15 años	Más de 15 años		

APLICACIÓN DE LA GESTIÓN VISUAL LEAN EN PUEBLA

		Sí	No
General	1. ¿Conoce la filosofía de Lean Construction "Construcción Ajustada".		
	2. ¿Conoce o implementa las herramientas de gestión visual en su trabajo diario en la obra?		
Preconstrucción	3. ¿El personal puede identificar visualmente la misión, visión, objetivos, estrategias y valores de la empresa, en la obra que se está desarrollando?		
Tiempo	4. ¿El programa de obra maestro se considera de forma visual, para que todo el personal de obra lo conozca?		
	5. ¿En forma visual, considera el plan programado de 4 a 8 semanas para identificar problemas o cuellos de botella?		
	6. ¿El programa semanal se presenta en forma visual para todo el personal, para evitar retrasos en el tiempo del flujo planeado?		
	7. ¿Se considera en forma visual el programa diario, para verificar el avance físico del proceso constructivo?		
	8. ¿Utilizan herramientas visuales, para comparar del avance físico contra el programado?		
	9. ¿Utilizan herramientas visuales para comparar, lo estimado (pagado) contra el avance físico real ?		
Calidad	10. ¿El Modelado de la Información para la Construcción (BIM), visualmente lo utiliza todo el personal?		
	11. ¿En la obra visualmente se integra la estandarización de procesos constructivos, implementados por el personal?		
	12. ¿Se alienta al personal en la obra, con capacitación a resolver visualmente los problemas desde su causa-raíz?		
	13. ¿Visualmente tienen implementado como identificar y eliminar visualmente en obra: el transporte de materiales en forma frecuente, minimizar los tiempos de espera entre procesos, además de disminuir movimientos innecesarios del personal de obra?		
	14. ¿Visualmente se identifica la verificación de la calidad en todos sus procesos constructivos?		
	15. ¿La empresa visualiza su plan de mejora continua?		
	16. ¿La implementación de la metodología de 5's se muestra visualmente?		
	17. ¿La información del tablero visual diario lean SQDP , S : seguridad, Q : calidad, D: entregas/logística, P : personas/rh, se encuentra en un lugar estratégico?		
	18. ¿Implementas sistemas visuales para controlar materiales, tipo bandera u otro medio, que permiten la identificación e inventario en la obra?		
Seguridad	19. ¿Implementas visualmente en obra prototipos, dispositivos, escantillones u otros medios, que permiten estandarizar y sistematizar procesos?		
	20. ¿Gráficamente identificas los tipos de riesgos en la obra?		
	21. ¿La empresa visualmente tiene implantado un tablero, que indica cuantos días sin accidentes han transcurrido durante el proceso de la obra?		
	22. ¿La empresa planifica visualmente las señales preventivas, señales de riesgos de accidentes en los procesos constructivos, zonas seguras en caso de sismo y la ubicación estratégica de los equipos de seguridad, que conoce todo el personal de obra?		
Medio Ambiente	23. ¿La empresa implementa visualmente las rutas peatonales y vehiculares, además de una ruta de evacuación segura?		
	24. ¿Presentas Visualmente el conjunto de acciones encaminadas a lograr la máxima racionalidad, en el proceso de decisión relativo a la conservación, defensa, protección y mejora del medio ambiente?		
	25. ¿Visualmente la empresa identifica el reciclaje?		
	26. ¿Existe en forma visual la forma de disminuir los materiales contaminantes?		
Cadena de suministro	27. ¿Gráficamente en obra mitigas el daño ambiental (sitios autorizados de tiro, minimizar los líquidos contaminantes y evitar tirarlos directamente al suelo)?		
	28. ¿La empresa visualmente publicita el listado de proveedores, destajistas, subcontratistas, así como su calificación y desempeño?		
Recursos Humanos	29. ¿Visualmente tiene implementado, como ubicar al personal en la obra?		
	30. ¿Existe una forma para motivar al personal de obra, reconocimiento personal visual, como el mejor empleado de la semana en su especialidad?		
	31. ¿Gráficamente tiene implementado, como identificar al personal con incapacidad ?		
	32. ¿Implementa sistemas visuales, para determinar el indicador de rotación de personal, capacitación y desempeño del personal?		

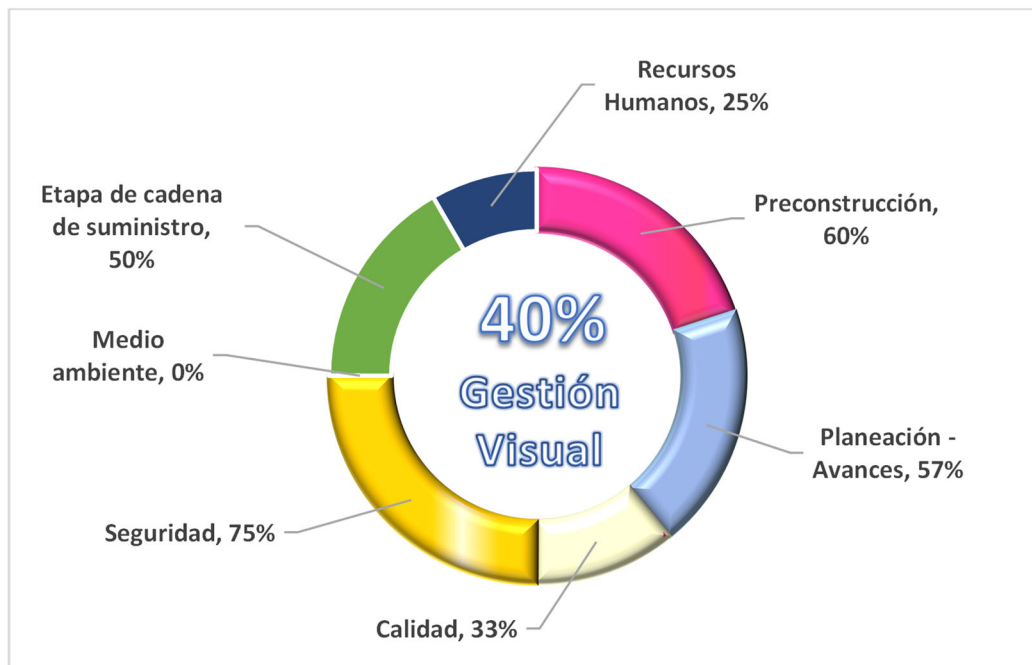
Anexo 2. Diagnóstico de la obra 1



Estado actual de gestión visual

Diagnostico

De acuerdo con el modelo de investigación de gestión visual, el diagnostico fue del **40%** de cumplimiento, de un porcentaje de **100%**. En forma parcial los resultados por cada rubro se representan en la siguiente gráfica:





Estado actual de gestión visual

Del modelo de investigación de gestión visual, se presenta en forma de tabla las etapas encuestadas, para identificar las oportunidades, con el objetivo de puntualizar en las mismas y apoyar su gestión, se anexa tabla por etapas:

No.	Descripción	Puntaje	Cumplidos	% Eficiencia	Observaciones
0	Conocimiento-metodología Lean	2	0	0%	Desconocimiento del tema de Investigación
1	Etapa de Preconstrucción	5	3	60%	En obra no existe
2	Etapa de Tiempo (Planeación -fluj)	7	4	57%	
2.1	Planeación	3	2	67%	Solo en caseta de obra
2.2	Flujo	2	1	50%	
2.3	Avances	1	1	100%	Solo en caseta de obra
2.4	Bim	1	0	0%	
3	Etapa de Calidad	9	3	33%	
3.1	Indicadores de Calidad	5	1	20%	
3.2	Control de calidad	2	1	50%	Check list para acabados
3.3	Almacen	1	0	0%	
3.4	Prototipos	1	1	100%	Registros prefabricados en sitio.
4	Estapa de Seguridad	4	3	75%	
4.1	Seguridad	3	2	67%	Algunas cisternas (excavación) tienen cinta de seguridad
4.2	Indicadores de Seguridad	1	1	100%	Entrada, zona de caseta y almacen gral
5	Etapa de Medio ambiente	4	0	0%	
5.1	Conservación del medio ambiente	1	0	0%	
5.2	Prevención ambiental	2	0	0%	
5.3	Mitigación ambiental	1	0	0%	
6	Etapa de cadena de suministro	1	0.5	50%	
7	Etapa de recursos Humanos	4	1	25%	
	TOTALES	36	14.5	40%	

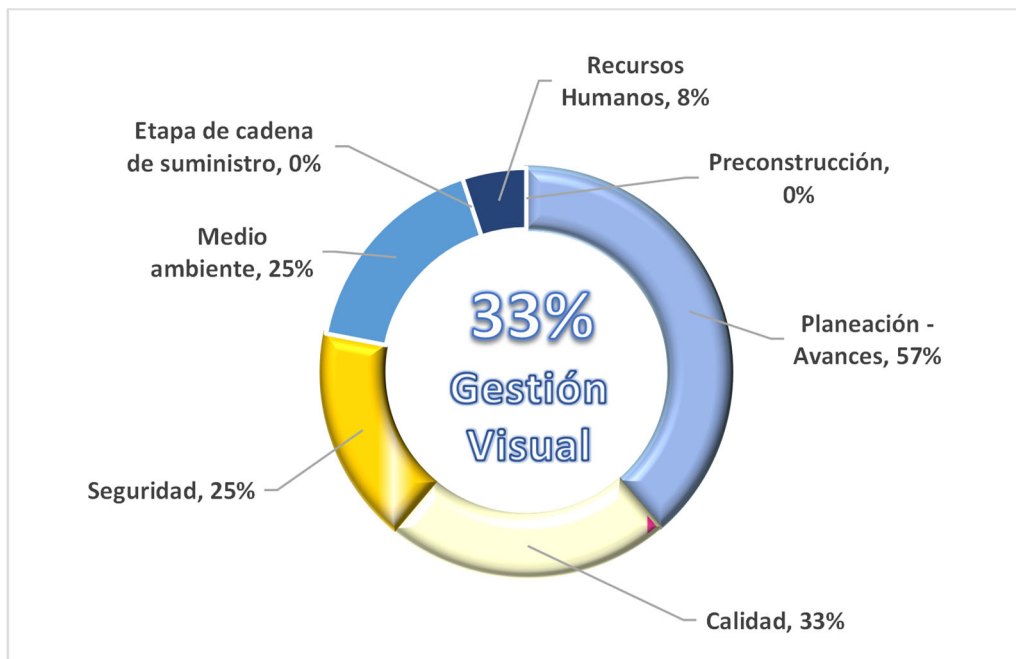
Anexo 3. Diagnóstico de la obra 2



Estado actual de gestión visual

Diagnostico

De acuerdo con el modelo de investigación de gestión visual, el diagnostico fue del **33%** de cumplimiento, de un porcentaje de **100%**. En forma parcial los resultados por cada rubro se representan en la siguiente gráfica:





Estado actual de gestión visual

Del modelo de investigación de gestión visual, se presenta en forma de tabla las etapas encuestadas, para identificar las oportunidades, con el objetivo de puntualizar en las mismas y apoyar su gestión, se anexa tabla por etapas:

Descripción	Puntaje	Cumplidos	% Eficiencia	Observaciones
Conocimiento-metodología Lean	2	0	0%	Desconocimiento del tema de Investigación
Etapa de Preconstrucción	5	0	0%	
Etapa de Tiempo (Planeación -flujo)	7	4	57%	
Planeación	3	1	33%	Se visualiza en planos de trabajos en obra
Flujo	2	2	100%	
Avances	1	1	100%	Se encuentra en estimaciones
Bim	1	0	0%	
Etapa de Calidad	9	3	33%	
Indicadores de Calidad	5	1	20%	Manual de acabados
Control de calidad	2	2	100%	Manual de acabados
Almacén	1	0	0%	
Prototipos	1	0	0%	
Etapa de Seguridad	4	1	25%	
Seguridad	3	1	33%	Se encontraron señales preventivas
Indicadores de Seguridad	1	0	0%	
Etapa de Medio ambiente	4	1	25%	
Conservación del medio ambiente	1	0	0%	
Prevención ambiental	2	1	50%	Destaca la separación de materiales
Mitigación ambiental	1	0	0%	
Etapa de cadena de suministro	1	0	0%	
Etapa de recursos Humanos	4	3	8%	Listas de asistencia
TOTALES	36	12	33%	

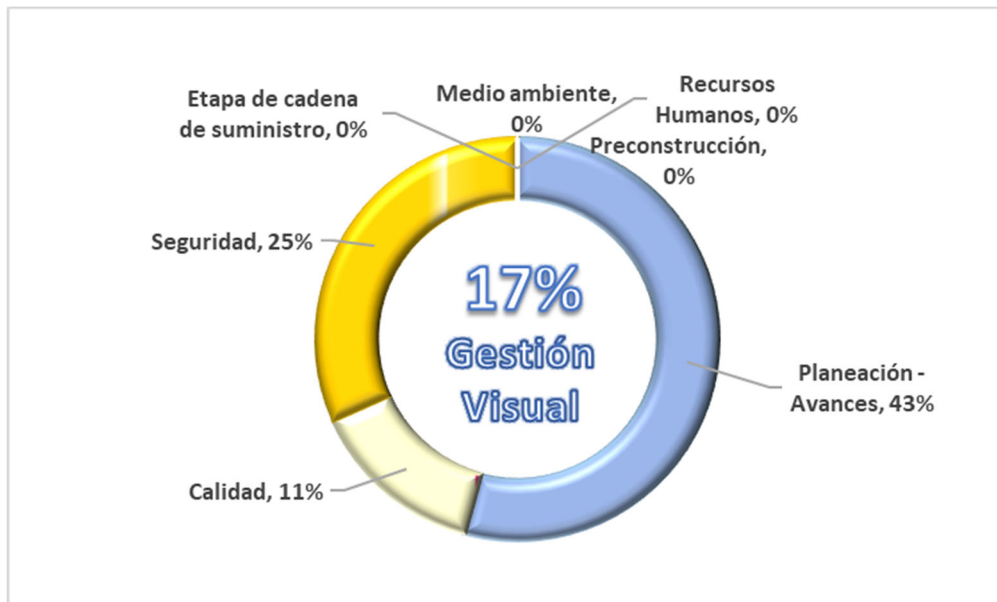
Anexo 4. Diagnóstico de la obra 3



Estado actual de gestión visual

Diagnostico

De acuerdo con el modelo de investigación de gestión visual, el diagnostico fue del **17%** de cumplimiento, de un porcentaje de **100%**. En forma parcial los resultados por cada rubro se representan en la siguiente gráfica:





Estado actual de gestión visual

Del modelo de investigación de gestión visual, se presenta en forma de tabla las etapas encuestadas, para identificar las oportunidades, con el objetivo de puntualizar en las mismas y apoyar su gestión, se anexa tabla por etapas:

No.	Descripción	Puntaje	Cumplidos	% Eficiencia	Observaciones
0	Conocimiento-metodología Lean	2	1	50%	Desconocimiento del tema de lean de apoyo visual lo conocen
1	Etapa de Preconstrucción	5	0	0%	
2	Etapa de Tiempo (Planeación -flujo)	7	3	43%	
2.1	Planeación	3	2	67%	Solo en forma virtual en el celular/que comparten con su subcontratista.
2.2	Flujo	2	0	0%	
2.3	Avances	1	1	100%	Solo en forma virtual en el celular
2.4	Bim	1	0	0%	
3	Etapa de Calidad	9	1	11%	
3.1	Indicadores de Calidad	5	1	20%	solo de palabra y en minutas de juntas
3.2	Control de calidad	2	0	0%	
3.3	Almacen	1	0	0%	
3.4	Prototipos	1	0	0%	
4	Etapa de Seguridad	4	1	25%	
4.1	Seguridad	3	1	33%	Señalamiento de seguridad por Protección Civil
4.2	Indicadores de Seguridad	1	0	0%	
5	Etapa de Medio ambiente	4	0	0%	
5.1	Conservación del medio ambiente.	1	0	0%	
5.2	Prevención ambiental	2	0	0%	
5.3	Mitigación ambiental	1	0	0%	
6	Etapa de cadena de suministro	1	0	0%	
7	Etapa de recursos Humanos	4	0	0%	
	TOTALES	36	6	17%	

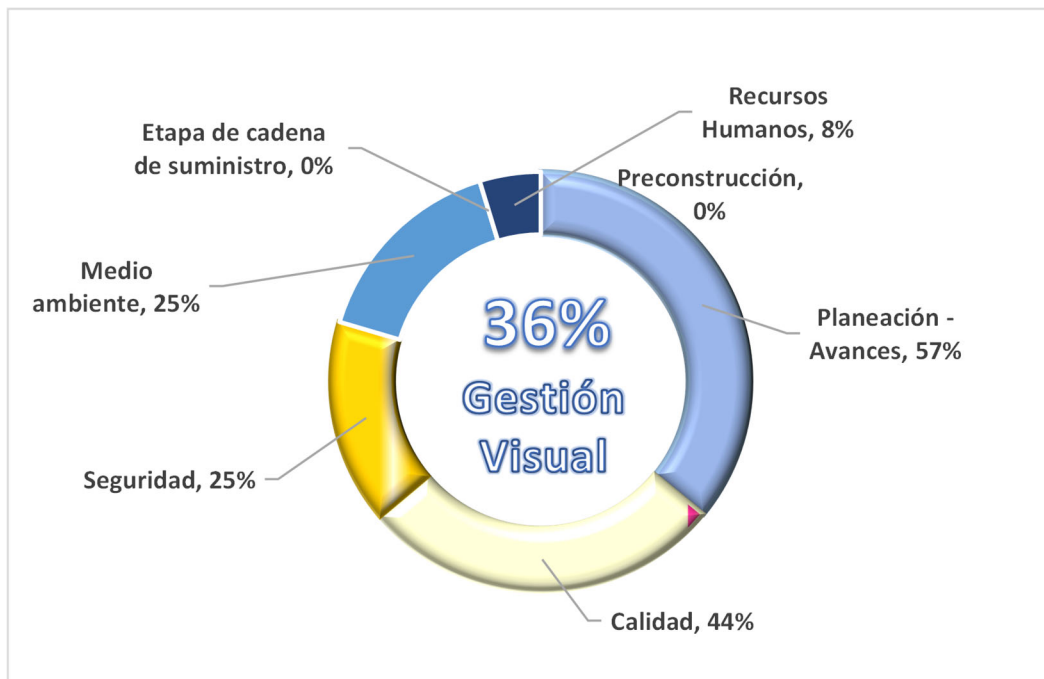
Anexo 5. Diagnóstico de la obra 4



Estado actual de gestión visual

Diagnostico

De acuerdo con el modelo de investigación de gestión visual, el diagnostico fue del **36%** de cumplimiento, de un porcentaje de **100%**. En forma parcial los resultados por cada rubro se representan en la siguiente gráfica:





Estado actual de gestión visual

Del modelo de investigación de gestión visual, se presenta en forma de tabla las etapas encuestadas, para identificar las oportunidades, con el objetivo de puntualizar en las mismas y apoyar su gestión, se anexa tabla por etapas:

No.	Descripción	Puntaje	Cumplidos	% Eficiencia	Observaciones
0	Conocimiento-metodología Lean	2	0	0%	Desconocimiento del tema de Investigación
1	Etapas de Preconstrucción	5	0	0%	Visible en oficinas centrales
2	Etapas de Tiempo (Planeación -flujo)	7	4	57%	
2.1	Planeación	3	1	33%	Se visualiza en planos de trabajos en obra
2.2	Flujo	2	2	100%	Se encuentra en estimaciones
2.3	Avances	1	1	100%	Se encuentra en estimaciones
2.4	Bim	1	0	0%	
3	Etapas de Calidad	9	4	44%	
3.1	Indicadores de Calidad	5	4	80%	Se encuentra en su manual de acabados
3.2	Control de calidad	2	0	0%	
3.3	Almacén	1	0	0%	
3.4	Prototipos	1	0	0%	
4	Etapas de Seguridad	4	1	25%	
4.1	Seguridad	3	1	33%	Se encontraron señales preventivas
4.2	Indicadores de Seguridad	1	0	0%	
5	Etapas de Medio ambiente	4	1	25%	
5.1	Conservación del medio ambiente	1	0	0%	
5.2	Prevención ambiental	2	1	50%	Destaca la separación de metales
5.3	Mitigación ambiental	1	0	0%	
6	Etapas de cadena de suministro	1	0	0%	
7	Etapas de recursos Humanos	4	3	8%	Listas de asistencia
	TOTALES	36	13	36%	

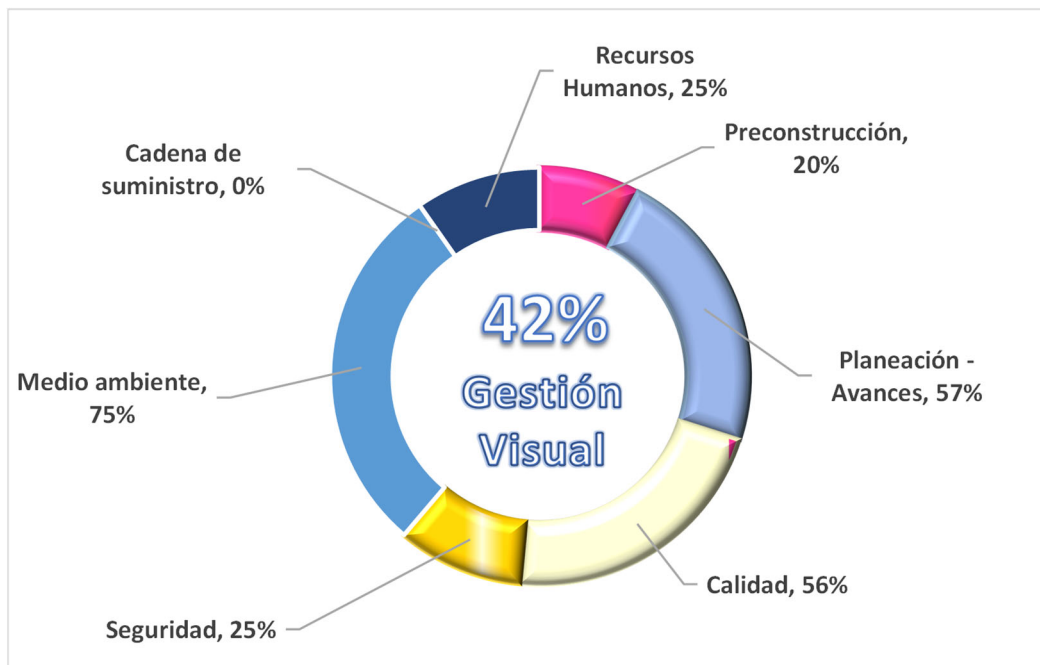
Anexo 6. Diagnóstico de la obra 5



Estado actual de gestión visual

Diagnostico

De acuerdo con el modelo de investigación de gestión visual, el diagnostico fue del **42%** de cumplimiento, de un porcentaje de **100%**. En forma parcial los resultados por cada rubro se representan en la siguiente gráfica:





Estado actual de gestión visual

Del modelo de investigación de gestión visual, se presenta en forma de tabla las etapas encuestadas, para identificar las oportunidades, con el objetivo de puntualizar en las mismas y apoyar su gestión, se anexa tabla por etapas:

No.	Descripción	Puntaje	Cumplidos	% Eficiencia	Observaciones
0	Conocimiento-metodología Lean	2	0	0%	Desconocimiento del tema de Investigación
1	Etapa de Preconstrucción	5	1	20%	Visible en oficinas de venta en obra
2	Etapa de Tiempo (Planeación -flujo)	7	4	57%	
2.1	Planeación	3	2	67%	Se visualiza en planos de trabajos en obra
2.2	Flujo	2	2	100%	Se encuentra en estimaciones
2.3	Avances	1	0	0%	
2.4	Bim	1	0	0%	Supervisión si contempla un modelo 3D
3	Etapa de Calidad	9	5	56%	
3.1	Indicadores de Calidad	5	3	60%	Colocación de instalaciones eléctricas
3.2	Control de calidad	2	1	50%	Protocolos de verificación de trabajos
3.3	Almacén	1	0	0%	
3.4	Prototipos	1	1	100%	Utilizan, escantiilones, prefabricados, cimbras
4	Etapa de Seguridad	4	1	25%	
4.1	Seguridad	3	1	33%	Se encuentra delimitada la zona de trabajos con la de casa muestra
4.2	Indicadores de Seguridad	1	0	0%	
5	Etapa de Medio Ambiente	4	3	75%	
5.1	Conservación del medio ambiente	1	0	0%	
5.2	Prevención ambiental	2	2	100%	Zona delimitada con contenedores marcados por tipo de residuo
5.3	Mitigación ambiental	1	1	100%	Tienen contrato para recolección de basura
6	Etapa de Cadena de Suministro	1	0	0%	
7	Etapa de Recursos Humanos	4	1	25%	Departamento de Recursos Humanos
TOTALES		36	15	42%	

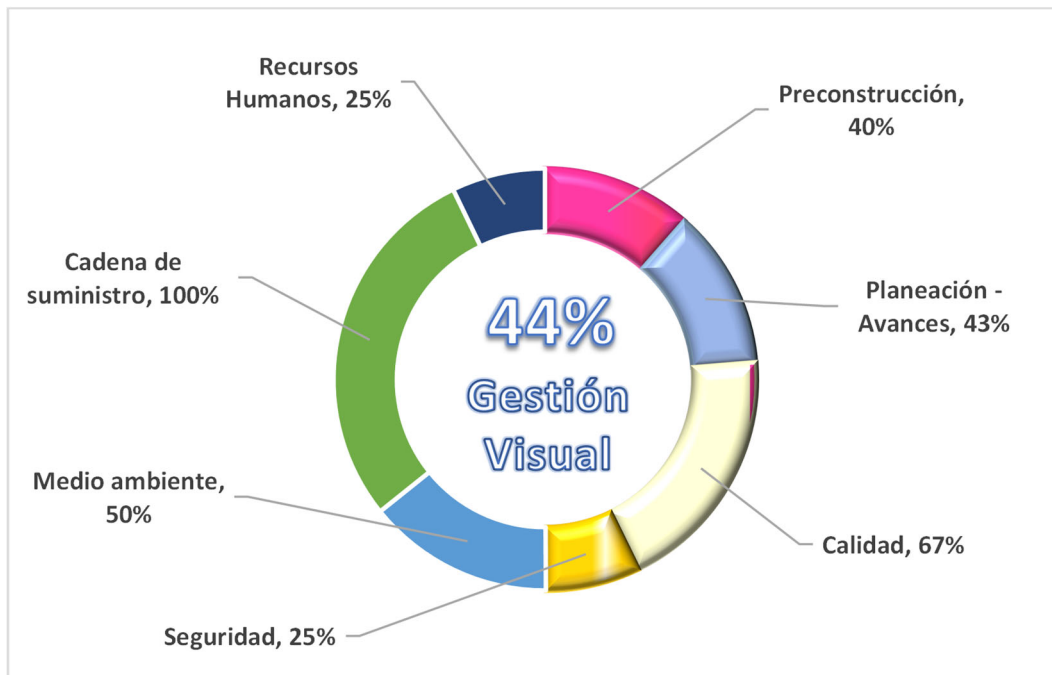
Anexo 7. Diagnóstico de la obra 6

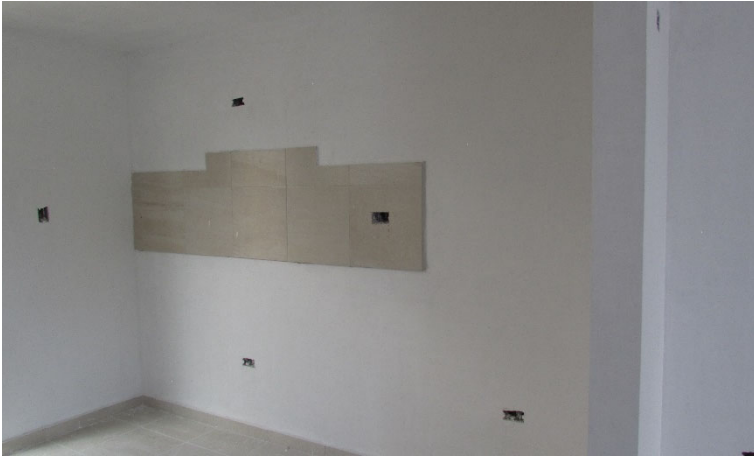


Estado actual de gestión visual

Diagnostico

De acuerdo con el modelo de investigación de gestión visual, el diagnostico fue del **44%** de cumplimiento, de un porcentaje de **100%**. En forma parcial los resultados por cada rubro se representan en la siguiente gráfica:





Estado actual de gestión visual

Del modelo de investigación de gestión visual, se presenta en forma de tabla las etapas encuestadas, para identificar las oportunidades, con el objetivo de puntualizar en las mismas y apoyar su gestión, se anexa tabla por etapas:

No.	Descripción	Puntaje	Cumplidos	% Eficiencia	Observaciones
0	Conocimiento-metodología Lean	2	0	0%	Desconocimiento del tema de Investigación
1	Etapas de Preconstrucción	5	2	40%	Visible en oficinas de venta en obra
2	Etapas de Tiempo (Planeación -flujo)	7	3	43%	
2.1	Planeación	3	1	33%	Plan maestro por partidas
2.2	Flujo	2	1	50%	Listas de verificación vía remota
2.3	Avances	1	1	100%	Cuenta con un sembrado del lugar donde va marcando su avance en porcentajes
2.4	Bim	1	0	0%	
3	Etapas de Calidad	9	6	67%	
3.1	Indicadores de Calidad	5	3	60%	Colocación de cimbras
3.2	Control de calidad	2	1	50%	Listas de verificación vía remota
3.3	Almacén	1	1	100%	
3.4	Prototipos	1	1	100%	Utilizan, escantillones, prefabricados, cimbras
4	Etapas de Seguridad	4	1	25%	
4.1	Seguridad	3	0	0%	
4.2	Indicadores de Seguridad	1	1	100%	Utilizan señalética de seguridad en obra y almacén
5	Etapas de Medio Ambiente	4	2	50%	
5.1	Conservación del medio ambiente.	1	0	0%	
5.2	Prevención ambiental	2	1	50%	Cuentan con bancos de tiros y zona para escombros
5.3	Mitigación ambiental	1	1	100%	Cuentan con zonas para líquidos contaminantes
6	Etapas de Cadena de Suministro	1	1	100%	Elaboran su propio block, evalúan a sus proveedores mediante su sistema de Gestión de calidad.
7	Etapas de Recursos Humanos	4	1	25%	Por medio de su sistema de Gestión de calidad.
TOTALES		36	16	44%	