

Metodología para la Planificación y Control de Obras de Infraestructura
Hidráulica

María Camila Bedoya Merchan.



Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Director

MSc (c). Víctor Hugo Verjel Tarazona

Julio 2024

Metodología para la Planificación y Control de Obras de Infraestructura
Hidráulica

María Camila Bedoya Merchan.

Trabajo de Monografía presentada como requisito para optar al título de:

INGENIERA CIVIL.



Departamento de Ingeniería Ambiental, Civil y Química

Programa Ingeniería Civil

Director

MSc (c). Víctor Hugo verjel Tarazona

Julio 2024

*A mi madre ENITH MERCHAN RICO, por siempre
brindarme su paciencia, apoyo y amor en todo,
principalmente por sus consejos, nunca habría podido llegar
hasta el final.*

DEDICATORIA

A Dios, primeramente, por protegerme e iluminarme, llenarme de fortaleza y sabiduría durante todo el camino.

A mi madre Enith Merchan y a mi padre Luis Bedoya (Q.E.P.D) por su incondicional apoyo, ejemplo y acompañamiento a lo largo de mi carrera y que hicieron todo lo posible por ayudarme convertir en una profesional y me motivaron en el cumplimiento de este logro.

A mis hermanos Sebastián y Sofía por todo el apoyo abuelos Judith Rico, Nelson Peña, pedro, Jose ángel, primos y tíos quienes han estado ahí desde siempre y que me han apoyado y creído en mi desde el principio.

AGRADECIMIENTO

A Dios, primeramente, por protegerme e iluminarme, llenarme de fortaleza y sabiduría durante todo el camino.

A mi director MSc Víctor Hugo Verjel Tarazona, por guiarme en este proceso tan importante, por tenerme paciencia, por su acogida y apoyo para que este trabajo fuera posible.

A mis amigos Ingeniera Sandra gallardo, Luis, leandra, sara, Andrea y pipe por siempre apoyarme y darme ese brazo en momentos de angustias.

TABLA DE CONTENIDO

GLOSARIO	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCION	15
1. MARCO DE ANTECEDENTES Y CONTEXTUAL	17
1.1 Historia	17
1.2 Definición de un proyecto hidráulico	19
1.3 Tipos de proyectos hidráulicos	19
1.3.1 Represas	19
1.3.2 Canalización y Dragado	19
1.3.3 Estaciones de Bombeo	20
1.3.4 Plantas de Tratamiento de Aguas	20
1.3.5 Estructuras de Control de Inundaciones	20
1.3.6 Sistemas de Riego	20
1.3.7 Centrales Hidroeléctricas Pequeñas	20
2. MARCO LEGAL (NORMATIVIDAD)	22
2.1 Normativa en Colombia para proyectos hidráulicos	22
2.2 Normativa internacional para proyectos hidráulicos	23
3. METODOLOGÍAS EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS	
HIDRAULICOS	25
3.1 Niveles de planificación	25
3.1.1 Planificación a largo plazo estratégica	25

3.1.2 Planificación a mediano plazo	25
3.1.3 Planificación táctica o a corto plazo	26
4. PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS HIDRÁULICOS	28
4.1 Definición de actividades.....	28
4.2 Secuencia de actividades	28
4.3 Tiempo de actividades	28
4.3.1 Actuaciones previas	28
4.3.2 Desarrollo de la obra.....	29
4.3.3 Cronograma de la obra.....	29
4.4 Evaluación de las estrategias de codificación.....	29
4.4.1 Carta de Gantt	30
4.4.2 Método de ruta crítica (CPM).....	33
4.4.3 Evaluación y Revisión de Programas utilizando PERT.....	35
4.4.4 LSM	38
4.4.5 BIM.....	40
4.4.6 Lean Construction.....	43
4.5 Análisis de Software de proyectos hidráulicos más conocidos	44
4.5.1 Hec-ras	44
4.5.2 Epanet	48
4.5.3 Swmm	51
4.5.4 AutoCAD civil 3D.....	53
5. CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS HIDRAULICOS	56
5.1 ¿Que es control y seguimiento en proyectos?.....	56

5.2	Metodología Pmbok.....	56
5.3	Metodología Prince2.....	57
5.4	Herramientas de gestión de proyecto	58
5.4.1	MS.....	58
5.4.2	Wrike	59
5.4.3	ProjectManager	60
5.4.4	Basecamp	60
5.4.5	Open Project	61
6.	CASOS DE ESTUDIO EN OBRAS HIDRÁULICAS	62
6.1	Colombia.....	62
6.1.1	Construcción del Puente de Pumarejo, Barranquilla (Colombia).....	62
6.1.2	Norte de Santander.....	62
6.2	Internacional	63
6.2.1	Canal de Panamá.....	63
6.2.2	Diseño de la mayor represa de RCC de Europa con BIM	65
6.2.3	Tres Gorges Dam en China.....	66
7.	INNOVACIONES Y TENDECIAS FUTURAS	68
7.1	La Construcción Sostenible	68
7.2	El Uso Inteligente del Agua.....	68
7.3	La Resiliencia Climática	68
7.4	La Tecnología Avanzada	69
7.5	La Digitalización y la Realidad Virtual	69
7.6	Ejemplos de innovaciones en curso en obras hidráulicas	69

7.6.1 Sistema de riego por goteo inteligente:.....	69
7.6.2 Turbina hidro cinética:.....	69
7.6.3 Depuradora de aguas residuales con membranas:	69
7.7 IA y su aplicación en el sector de la construcción.	70
CONCLUSIONES	72
BIBLIOGRAFIA	74

Lista de Figuras

Ilustración 1 <i>La gran presa Hoover</i>	17
Ilustración 2 <i>Relación de niveles de planificación</i>	26
Ilustración 3 <i>Actividades de planificación</i>	27
Ilustración 4 <i>Cronograma en software jira</i>	31
Ilustración 5 <i>Planes en software jira</i>	31
Ilustración 6 <i>Ejemplo de Diagrama Gantt</i>	33
Ilustración 7 <i>Estimaciones del método PERT</i>	37
Ilustración 8 <i>Ecuación para calcular la media en PERT</i>	37
Ilustración 9 <i>Proceso de elaboración del diagrama LSM</i>	39
Ilustración 10 <i>LSM</i>	40
Ilustración 11 <i>BIM de alcantarilla tipo caja</i>	41
Ilustración 12 <i>Flujo de trabajo BIM -GIS</i>	42
Ilustración 13 <i>Ejemplo de BIM-GIS en Revit</i>	43
Ilustración 14 <i>Principios y subprincipios de LC.</i>	44
Ilustración 15 <i>Ejemplo de perfiles de agua en HEC-RAS</i>	45
Ilustración 16 <i>Ejemplo de gestión de datos en HEC-RAS</i>	46
Ilustración 17 <i>Gráficos e informes HEC-RAS</i>	47
Ilustración 18 <i>RAS Mapper</i>	48
Ilustración 19 <i>Red de ejemplo Epanet</i>	49
Ilustración 20 <i>Configurar Epanet</i>	50
Ilustración 21 <i>Epanet Run</i>	50
Ilustración 22 <i>Tabla de epanet</i>	51

Ilustración 23 <i>Reporte final en epanet</i>	51
Ilustración 24 <i>Modelado en SWMN</i>	53
Ilustración 25 <i>Modelado AutoCAD civil 3D</i>	55
Ilustración 26 <i>Puente de Pumarejo, Barranquilla (Colombia)</i>	62
Ilustración 27 <i>Puente Honda</i>	63
Ilustración 28 <i>Canal de Panamá</i>	64
Ilustración 29 <i>Mejora del canal de Panamá</i>	65
Ilustración 30 <i>Represa de RCC de Europa en BIM</i>	66
Ilustración 31 <i>La mayor represa de RCC de Europa</i>	66
Ilustración 32 <i>Tres Gorges Dam en China</i>	67
Ilustración 33 <i>Servidor con el software de gestión y control de riego inteligente</i>	69
Ilustración 34 <i>IA en construcción</i>	71
Ilustración 35 <i>Drone en obras hidráulicas</i>	71

GLOSARIO

-  **Cronograma:** Representación gráfica o tabular de las actividades a realizar en un proyecto, su duración estimada y la secuencia en que se ejecutarán.
-  **Software de programación:** Herramientas informáticas que facilitan la creación, gestión y seguimiento del cronograma de un proyecto.
-  **Diseño:** Elaboración de planos, especificaciones técnicas y cálculos necesarios para la construcción de una obra hidráulica.
-  **Seguimiento del proyecto:** Monitoreo del desarrollo físico y monetario de la Obra.
-  **Pichancha:** Dispositivo al final de la bomba que previene daños absorbiendo objetos y desviándolos por la tubería. (*▷ Glosario de TÉRMINOS de Instalaciones Hidráulicas* 🧑 🧑 , 2023)
-  **Benchmarking:** Comparar los resultados, productos o prácticas de una institución con otras más fuertes en el mismo ámbito. (*glosario.pdf*, s. f.)
-  **Hitos:** importantes en el cronograma que marcan logros o puntos de control
-  **CDE (Common Data Environment):** Plataforma centralizada para acceder y colaborar del proyecto.

RESUMEN

La presente monografía es de suma importancia, ya que ésta permite investigar afondo bibliográficamente y teóricamente lo pertinente a la programación, planificación y control para el éxito en infraestructuras de obras hidráulicas teniendo en cuenta la magnitud de estas mega obras en la actualidad, Es por esto que entender el destino y las rutas críticas en estos proyectos es esencial llevar un control de ello.

La compilación de esta monografía se basó en una revisión de varios archivos, incluidos artículos académicos, publicaciones especializadas y recursos en línea pertinentes al campo. Proporcionar una visión histórica de la estructura teórica de la monografía, con especial atención a cómo lograr eficacia y éxito en infraestructuras hidráulicas.

Palabras clave: programación, planificación, control, obras hidráulicas

ABSTRACT

This monograph is of utmost importance, since it allows for in-depth bibliographical and theoretical research on what is pertinent to programming, planning and control for the success of hydraulic works infrastructure, taking into account the magnitude of these mega works today. This is why It is esencial to understand the destination and the critical paths in these projects to keep track of it.

The compilation of this monograph was based on a review of various archives, including academic articles, specialized publications and online resources relevant to the field. It provides a historical overview of the theoretical structure of the monograph, with a particular focus on how to achieve efficiency and success in hydraulic infrastructures..

Keywords: programming, planning, control, hydraulic Works

INTRODUCCION

En la construcción, han surgido innovaciones notables, como métodos de la información y comunicación. Este sector industrial ha experimentado una fuerte influencia en aspectos como la supervisión de obras, el diseño de estructuras y arquitectura a través de la metodología BIM, que permite la integración de diversas disciplinas de ingeniería. Factores como la competencia en aumento, la internacionalización de los mercados y la necesidad de productos más innovadores también han impactado significativamente en este sector. han llevado a empresas, corporaciones y multinacionales a reconocer la necesidad crítica .Estos sistemas son fundamentales para mantener un seguimiento preciso de indicadores clave como el tiempo, los costos, los beneficios, el regreso de la inversión y el flujo de efectivo, ya que la información oportuna se ha convertido en un recurso invaluable(Mattos & Valderrama, 2014).

Las obras hidráulicas constituyen un campo crucial en la ingeniería civil, dedicado al diseño, construcción y gestión de estructuras y sistemas relacionados con el agua. Estas obras abarcan desde infraestructuras para el suministro y tratamiento del agua potable hasta sistemas de desagüe y inspección de inundaciones, Investigaremos la importancia y diversidad de las obras hidráulicas, junto con su papel fundamental en el avance y la sostenibilidad de las sociedades contemporáneas.

Esta monografía tiene como precedencia buscar, analizar, con bases teóricas y bibliográficas del tema de la Metodología para la Planificación y seguimiento de Obras de Infraestructura Hidráulica, para esto se procedió dividir en siete capítulos donde en el primer capítulo esta todo lo referente a antecedentes y registros históricos del tema , el

segundo capítulo normatividad para la ejecución de proyectos hidráulicos, el tercer capítulo las metodologías de la planificación para proyectos, cuarto capítulo programación de proyectos hidráulicos, quinto control y seguimiento de proyectos hidráulicos, sexto capítulo casos de estudios en obras hidráulicas a nivel nacional e internacional las más relevantes y por último innovaciones y tendencias futuras en obras hidráulicas.

Todo con el único fin de dar una metodología teórica y bibliográfica más resumida ya que actualmente el mundo de la construcción avanza a gran escala con tendencias futuras, también dado que las grandes metodologías más conocidas no pierdan su enfoque único.

1. MARCO DE ANTECEDENTES Y CONTEXTUAL

1.1 Historia

Las pirámides en Egipto y los acueductos de Roma son dos proyectos a gran escala únicos desde la antigüedad. Los investigadores operacionales han estado estudiando los problemas relacionados con estos proyectos durante poco tiempo. (Forenza, Wilde, s.f)

El Diagrama de Gantt se usa mucho para planificar y seguir proyectos. El objetivo es planificar el tiempo asignado a distintas tareas durante un intervalo de tiempo específico. El ingeniero Henry Laurence Gantt introdujo y circuló el diagrama de Gantt en Occidente entre 1910 y 1915. Investigó cómo controlar y planificar operaciones productivas usando técnicas gráficas. El diagrama de barras horizontales innovó la gestión de tareas superpuestas. El primer uso de la gráfica de Gantt en grandes proyectos como la presa Hoover(Paris, 2013)

Ilustración 1

La gran presa Hoover.



Fuente:(Paris, 2013)

El CPM es una notación de planificar proyectos calculando lapsos y aplazamientos. La ruta crítica simboliza el tiempo máximo requerido. Los retrasos que se presentan en las tareas más críticas del proyecto tienen un impacto directo en la fecha prevista para su conclusión. Además, es posible que un proyecto contenga varias rutas críticas paralelas, cada una igualmente importante e indispensable para su finalización exitosa. Una técnica adicional en esta materia es la cadena crítica, que toma en cuenta las interrelaciones y conexiones entre los distintos recursos involucrados en el proyecto.(Forenza, Wilde, s.f)

Según (Forenza, Wilde, s.f). PERT, un enfoque metodológico para la administración de proyectos, fue ideada en 1958 por científicos Lockheed Aircraft, para el proyecto del misil Polaris. El proyecto surgió en respuesta a la crisis del Sputnik y ahora es parte del programa espacial. Debido a la multitud de componentes procedentes por distintos constructores, se requería una nueva herramienta de programación y control de tiempos para el propósito.

Pert es un software para administrar proyectos. constituye un enfoque empleado para las actividades que conforman un proyecto. determinando el lapso requerido para una y plazo exiguo de finalizar el plan. Este modelo pionero combinó el fordismo y el taylorismo en la administración científica. La técnica conquistó admisión tanto del régimen público como del sector privado. Cada compañía tiene su propio modelo de proyecto basado en el proyecto. El régimen de la ruta de la corporación DuPont se inventó al mismo tiempo que PERT. Ambas son similares en teoría de conjuntos, pero difieren en el método de estimación del tiempo del proyecto. CPM utiliza tiempos determinísticos y PERT utiliza tiempos probabilísticos para las actividades. (Forenza, Wilde, s.f).

El concepto de BIM teóricamente se originó y evolucionó en el Instituto de Tecnología de Georgia a finales de la década de 1970 y se desarrolló rápidamente a partir de entonces.

Este crecimiento fue impulsado por la creciente atención de los equipos de construcción y las empresas que reconocieron el valor de integrar y gestionar BIM. (Tuan Anh Nguyen et al., 2024)

1.2 Definición de un proyecto hidráulico

Los proyectos hidráulicos buscan mejorar la sociedad considerando condiciones geográficas y meteorológicas en su diseño. (*Proyectos Hidráulicos*, 2018)

Según el autor del libro (*Ingeniería De Proyectos de Hidráulica*, 2017), La ingeniería hidráulica planifica, proyecta, construye y opera obras civiles relacionadas con el manejo del agua. Una obra civil se considera tener ese carácter si sus dimensiones se establecen principalmente siguiendo criterios y normas hidráulicas e hidrológicas.

1.3 Tipos de proyectos hidráulicos

Según el siguiente artículo (Structuralia, s. f.) Los proyectos hidráulicos abarcan una amplia gama de obras y estructuras diseñadas para gestionar el agua de manera eficiente. A continuación, analizaremos algunos de los tipos más comunes de obras hidráulicas que desempeñan un papel esencial en nuestro entorno:

1.3.1 Represas

Las represas son estructuras. Además de generar energía hidroeléctrica, como en el caso de la represa de las Tres Gargantas, estas enormes barreras regulan el flujo de ríos, previenen inundaciones y almacenan agua para su uso en épocas de sequía. (Structuralia, s. f.)

1.3.2 Canalización y Dragado

Para mantener vías navegables y facilitar el transporte de mercancías, se utilizan obras de canalización y dragado. Estos proyectos garantizan que los ríos y puertos puedan ser utilizados de manera segura y eficiente.(Structuralia, s. f.)

1.3.3 Estaciones de Bombeo

En áreas propensas a inundaciones o donde el terreno no permite un drenaje natural, se construyen estaciones de bombeo. Estas instalaciones impulsan el agua lejos de áreas vulnerables y la dirigen hacia lugares adecuados.(Structuralia, s. f.)

1.3.4 Plantas de Tratamiento de Aguas

Si bien no siempre son visibles, las instalaciones de depuración de aguas son esenciales para garantizar que el elemento sea apta para el consumo humano. Estas plantas purifican el agua, eliminando contaminantes y patógenos antes de que llegue a nuestros hogares.(Structuralia, s. f.)

1.3.5 Estructuras de Control de Inundaciones

Para proteger áreas urbanas y agrícolas contra inundaciones, se construyen diques y compuertas. Estas estructuras controlan el flujo del agua y minimizan el riesgo de daños catastróficos.(Structuralia, s. f.)

1.3.6 Sistemas de Riego

Desde sistemas de goteo hasta aspersión, estos proyectos hidráulicos optimizan el uso del agua en la agricultura.(Structuralia, s. f.)

1.3.7 Centrales Hidroeléctricas Pequeñas

Además de las megas centrales hidroeléctricas, existen centrales hidroeléctricas más pequeñas que pueden satisfacer las necesidades de comunidades locales o industrias específicas.(Structuralia, s. f.)

2. MARCO LEGAL (NORMATIVIDAD)

2.1 Normativa en Colombia para proyectos hidráulicos

En Colombia, la normativa de infraestructura civil de obras hidráulicas se encuentra enmarcada en un conjunto de leyes, decretos, resoluciones y manuales técnicos.

Ley 99 1993: Ley Nacional Recursos Hídricos. Esta ley establece los principios fundamentales y Principios generales de distribución de recursos hídricos en Colombia, abarcando la planificación, construcción y operación de infraestructura hidráulica. (LEY 99 DE 1993, 1993)

Decreto 3820 de 2010: Decreto Reglamentario de la Ley 99 de 1993. Este decreto desarrolla los aspectos técnicos y administrativos de la Ley 99 de 1993, incluyendo la definición de las autoridades competentes, los procedimientos con el fin de adquirir autorizaciones y certificaciones, y las normas para la construcción y operación de obras hidráulicas. (Decreto_3820_de_2008.pdf, s. f.)

Resolución 907 de 2014: La presente resolución establece los principios rectores para la elaboración de planes departamentales destinados a gestionar el riesgo de inundaciones. Esta resolución define los lineamientos Desarrollo de planes de riesgo de inundación del departamento. (RESOLUCION-907-2019.pdf, s. f.)

Manual de Diseño de Obras Hidráulicas: Este manual proporciona lineamientos técnicos para el diseño de obras hidráulicas, incluyendo presas, canales, tuberías, estructuras de control de inundaciones y sistemas de drenaje.

Normas técnicas del ICONTEC: Estas normas son de carácter voluntario, pero pueden ser adoptadas por las entidades públicas y privadas como referencia para sus proyectos.

Otras normas y guías: Además de la normativa legal y técnica mencionada anteriormente, existen otras normas y guías de infraestructura civil de obras hidráulicas. Estas normas y guías son publicadas por organizaciones como la Comisión Colombiana de Infraestructura (CCI), la Asociación Colombiana de Ingeniería Civil (ACIC) y universidades.

2.2 Normativa internacional para proyectos hidráulicos

Europa

La Directiva Marco del Agua (DMA) es la legislación primaria. Está respaldado por dos directivas derivadas sobre la eficacia y cuantía de las aguas subterráneas y sobre calidad las aguas superficiales. La DMA contiene disposiciones relativas a los plazos para cumplir los objetivos de la Directiva, así como disposiciones sobre exenciones. Los anexos de la DMA especifican detalles en relación, por ejemplo, con los requisitos de seguimiento, los criterios y el contenido de los PHC. (Directiva Marco Del Agua - Comisión Europea, 2024)

Actualmente, la DMA incluye en su Anexo X la lista de sustancias prioritarias que los Estados miembros deben controlar en las aguas superficiales, pero los estándares para ellas se fijan en la Directiva sobre Normas de Calidad Ambiental (EQSD) y deben cumplirse para lograr una buena calidad química en H₂O superficiales. estatus el artículo 4 de la DMA y el punto 1.4.3 del anexo V. La DMA también exige que los Estados miembros establezcan y cumplan normas de calidad ambiental (NCA) para sustancias de interés nacional, es decir, contaminantes específicos de cuencas fluviales; cuyo seguimiento contribuye actualmente a la evaluación del estado ecológico. Esta lista de sustancias prioritarias debe revisarse y actualizarse, si es necesario, cada seis años. (Directiva Marco Del Agua - Comisión Europea, 2024)

De manera similar, la lista de contaminantes y normas de interés para toda la UE en el Anexo I de la Directiva sobre aguas subterráneas (GWD) también debe revisarse cada seis años. Esa Directiva también complementa la DMA al incluir requisitos en materia de tendencias de los contaminantes y estado cuantitativo. (Directiva Marco Del Agua - Comisión Europea, 2024)

En los Estados Unidos, la normativa para la ejecución de proyectos hidráulicos es compleja y en constante evolución. En este documento, se presenta un resumen de las principales leyes y regulaciones que afectan a estos proyectos:

Legislación de H2O Higienizada (Clean Water Act): Esta legislación regula la descarga de contaminantes en vías fluviales y establece estándares de calidad del agua. Los proyectos hidráulicos deben cumplir con las obligaciones de la Ley de Agua Limpia para obtener los permisos necesarios. (US EPA, 2013a)

Legislación Nacional de Política Ambiental (National Environmental Policy Act): Esta ley requiere que se realice una evaluación ambiental para los proyectos federales. Los proyectos hidráulicos a gran escala deben cumplir con los requisitos de la NEPA. (US EPA, 2013b)

Legislación de Ríos y Puertos (Rivers and Harbors Act): Esta ley regula la construcción de obras en ríos y puertos navegables. Los proyectos hidráulicos que afectan a vías navegables.

3. METODOLOGÍAS EN LA PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS HIDRAULICOS

La planificación en ingeniería civil es vital para gestionar eficazmente los recursos. Consiste en establecer reglas para mejorar la eficiencia de las actividades. Una planificación adecuada asegura el triunfo y la vigencia en proyectos de construcción.(Gonzalez, 2024)

Según (Rivera, 2015) Implica crear una estrategia general para el proyecto. Se basa en actividades de la obra para estimar tiempos y posibles limitaciones. Este plan guía el proyecto. En algunas situaciones, es recomendable planificar lo previsto.

Hay tres tipos de planeación: largo, mediano y corto plazo.

3.1 Niveles de planificación

La planificación tiene tres niveles: estratégica, táctica y operativa. Operacional.(Bley & Cárdenas, 2015)

3.1.1 Planificación a largo plazo estratégica

A nivel de anteproyecto no se centra en detalles específicos. Su objetivo es calcular coste planteadas y saberes de viabilidad, y base para la planificación del proyecto. centrarse en la sociedad, según Hax y Majluf en su libro.(Bley & Cárdenas, 2015)

3.1.2 Planificación a mediano plazo

La planificación detallada del plan se refiere al método de construcción de la obra en sus períodos principales.(Bley & Cárdenas, 2015)

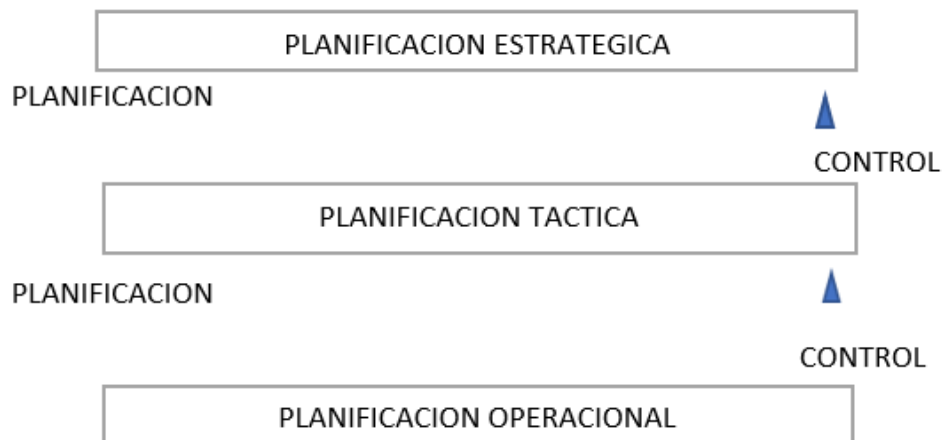
3.1.3 Planificación táctica o a corto plazo

Entiende como llevar a cabo las tareas para completar actividades sin problemas. se puede planificar semanal o diariamente para organizar y cumplir el trabajo de manera efectiva.

Proyección implica desglosar un proyecto en niveles detallados. "Debe existir coherencia". Entre los distintos niveles.

Ilustración 2

Relación de niveles de planificación

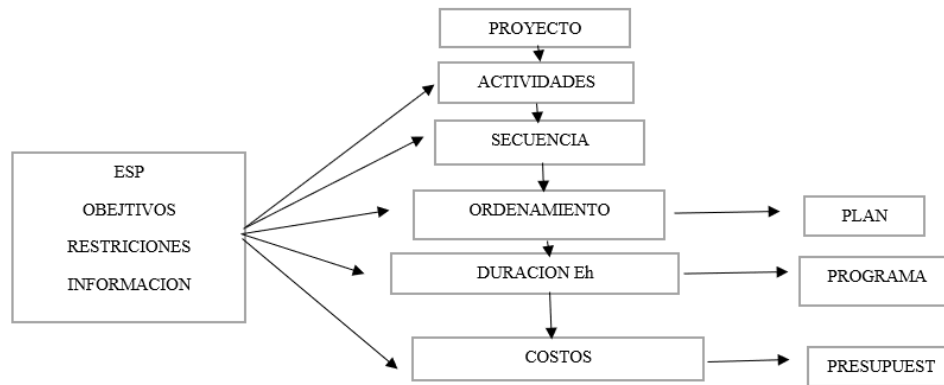


Fuente : Imagen tomada de (Bley & Cárdenas, 2015)

Es necesario ejecutar el plan estratégico del proyecto a nivel táctico después de establecer objetivos y un método maestro. Estas actividades ayudan a planificar el proyecto proporcionando la información necesaria para su ejecución..(Bley & Cárdenas, 2015)

Ilustración 3

Actividades de planificación



Fuente : Imagen tomada de (Bley & Cárdenas, s. f.)

Es vital identificar todas Estas actividades se definen según las categorías de trabajo necesarias para el proyecto. Es importante discurrir la indagación del plan y usar la Estructura de Subdivisión del Proyecto. Es importante definir y representar en orden las actividades identificadas en un plan de trabajo. Se crea un programa del proyecto determinando persistencias de movimientos según el método de ejecución y los recursos disponibles. Determinar el presupuesto del proyecto y su evolución evaluando los recursos asignados y su momento de utilización.(Bley & Cárdenas, 2015)

4. PROGRAMACIÓN DE PROYECTOS HIDRÁULICOS

Es el refinamiento de un método detallado para atribuir todas las actividades del proyecto de manera específica. Estas actividades se realizan de forma sistemática con una duración programada. Se establecen relaciones y limitaciones entre las actividades. (Rivera, 2015)

4.1 Definición de actividades

Operaciones realizadas para cumplir metas de un programa de ordenamiento. Según (Rivera, 2015) Se basa en la realización de procedimientos. Esto se logra usando recursos específicos para la acción a un coste fijo.

4.2 Secuencia de actividades

Al mismo tiempo de tener concretas todas las actividades que se llevara en el proyecto.(Rivera, 2015) La serie facilita el avance de actividades a medida que los proyectos avanzan en complejidad. Se considera el proceso necesario para alcanzar el objetivo. Es necesario estudiar en detalle cada actividad para elaborar la secuencia.

4.3 Tiempo de actividades

El proceso implica estimar cuántos períodos laborales se necesitan para terminar cada actividad.

4.3.1 Actuaciones previas

-  Definición: Las tareas previas son actividades para preparar una obra.
-  Descripción: Debes definir el perímetro, accesos, áreas de paso, zonas de trabajo y riesgo antes de iniciar la obra.

- ✚ Observaciones generales: En seguridad, las acciones previas no son muy delicadas. Es crucial tener los materiales antes de comenzar la actividad. Es importante preparar materiales, señalizar correctamente y planificar cortes de tráfico si es necesario.

4.3.2 Desarrollo de la obra

- ✚ Etapas: Comprende la cimentación, estructura, cerramientos, revestimientos, pavimentos, carpintería e instalaciones.
- ✚ Producción y trabajo: cada etapa es importante en el inicio y terminación de esta misma sino afecta la producción y atrasa la obra.

4.3.3 Cronograma de la obra

“Lo peor de un retraso son las distintas impresiones que se crean en cada una de las partes involucradas”(Frutos, 2019)

Un cronograma es una herramienta para establecer plazos de un proyecto u obra. Define el calendario de actividades planificadas. La planificación es importante para cada etapa del proyecto, no solo para las fechas de inicio y finalización.(Frutos, 2019).

4.4 Evaluación de las estrategias de codificación

En el contorno de la programación, existen varios métodos con diferentes niveles de complejidad y beneficio. Algunas son sencillas de entender y aplicar, mientras que otras, aunque más útiles, requieren un mayor esfuerzo en su desarrollo.

Las metodologías más usuales para la programación de la construcción incluyen

- ✚ Carta de Gantt
- ✚ Método de ruta crítica (CPM)
- ✚ Evaluación y Revisión de Programas utilizando PERT



LSM



BIM (Building Information Modeling)



Lean Construction

4.4.1 Carta de Gantt

Durante el siglo XX, Henry Gantt introdujo diagramas gráficos diseñados para monitorear el progreso laboral. Facilitaba a los supervisores la supervisión ágil del avance en la planificación de la producción. La introducción de los gráficos de Gantt revolucionó las estrategias y simplificó el manejo de proyectos a gran escala, como la presa Hoover y las carreteras interestatales. Los gráficos Gantt se produjeron inicialmente en papel; Sin embargo, evolucionaron hacia una mayor sofisticación con el advenimiento de la tecnología informática en la década de 1980. Actualmente, los diagramas de Gantt gozan de amplia aceptación como una herramienta comúnmente empleada en la gestión de proyectos.(Atlassian, s. f.)

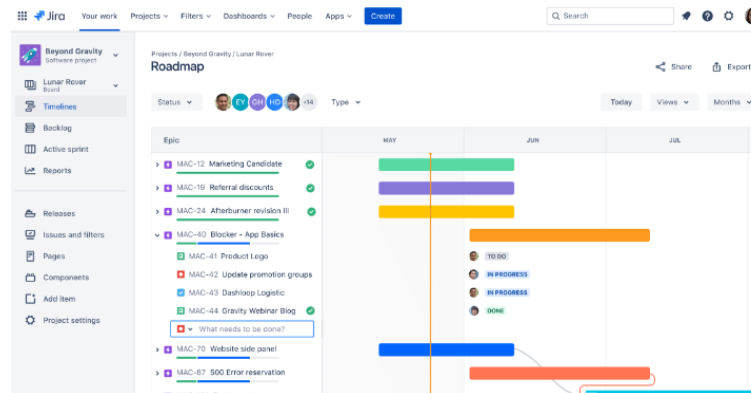
Carta Gantt modela progreso de un proyecto en relación a su planificación temporal. Suele tener dos secciones: una lista de tareas a la izquierda y un cronograma a la derecha con barras representando el trabajo. Los diagramas de Gantt representan fechas, hitos, dependencias y asignaciones de tareas.(Atlassian, s. f.)

Actualmente se llama "herramientas de hoja de ruta" a las herramientas de diagramas de Gantt. Para satisfacer las necesidades del desarrollo de software actual, Jira y otras herramientas similares ofrecen características Jira tiene dos herramientas de hoja de ruta: Cronogramas para equipos y Planes para varios equipos y organizaciones.(Atlassian, s. f.)

La ilustración (4) es un diagrama de Gantt específico para proyectos a nivel de equipo o departamento. El gráfico ilustra la supervisión del equipo para lograr metas. La estructura de desglose del trabajo plegable ayuda a los gestores de proyectos a visualizar las historias clave del proyecto.

Ilustración 4

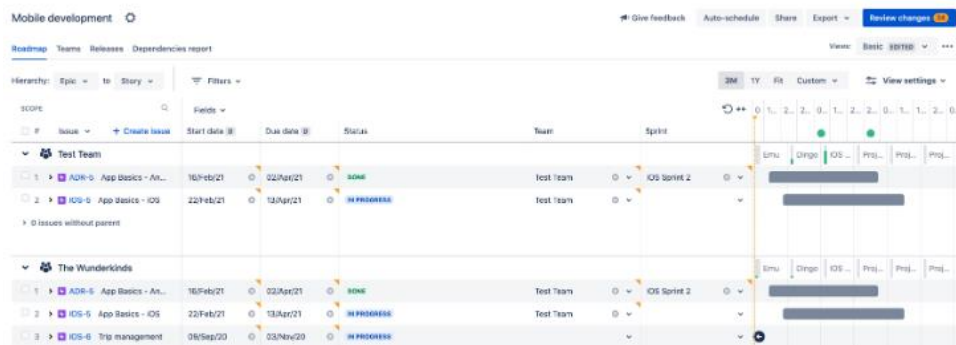
Cronograma en software jira



Fuente: Imagen tomada de (Atlassian, s. f.)

Ilustración 5

Planes en software jira



Fuente : Imagen tomada de (Atlassian, s. f.)

¿Cuál es el propósito carta ?

Los gestores de proyectos usan los diagramas de Gantt para tres objetivos clave.

Desarrollar y administrar un proyecto

Los diagramas de Gantt ayudan a visualizar y organizar proyectos con sus dependencias, personas asignadas e hitos.(Atlassian, s. f.)

Organizar las tareas y su distribución

Los diagramas de Gantt supervisan la todo de un proyecto. "Las dependencias de tareas retrasan el inicio de una tarea nueva hasta que se complete otra". al planificar con múltiples equipos.(Atlassian, s. f.)

Seguir el avance de un proyecto

Puedes hacer seguimiento a los proyectos y ajustarlos conforme los equipos registren el tiempo dedicado a incidencias en el plan. "El diagrama de Gantt muestra fechas de lanzamiento, hitos clave del proyecto".(Atlassian, s. f.)

Diagramas de Gantt para planificar con metodologías ágiles y en cascada.

Sistemática en cascada

Los gestores de proyectos hacen un plan que tiene hitos y fechas fin. "Este modelo es ideal para equipos que se enfocan en procesos como construcción y fabricación, pero menos adecuado para quienes trabajan en la generación de ideas o resolución de problemas debido a la necesidad de planificar los pasos de antemano".(Atlassian, s. f.)

A los gestores de proyectos les gusta usar diagramas de Gantt en el modelo en cascada. Planifique los proyectos descomponiéndolos y estableciendo fechas de inicio y finalización para cada elemento. Son para identificar hitos importantes. Los hitos son metas a cumplir en un tiempo determinado. Son opcionales pero recomendables.(Atlassian, s. f.)

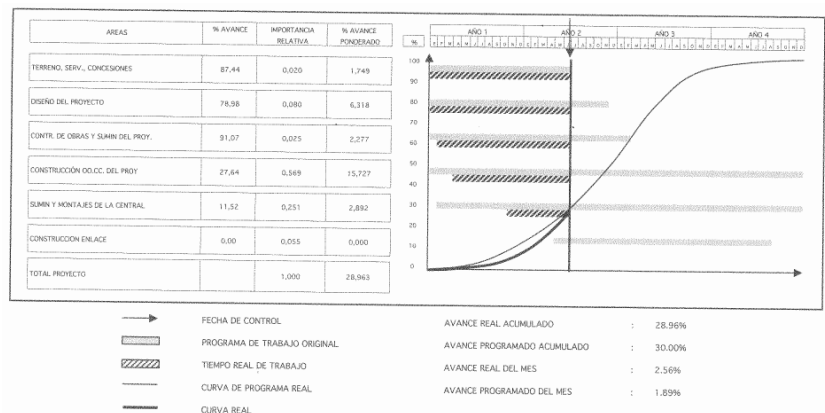
Carta de Gantt y sistemática ágil

El modelo ágil prioriza flexibilidad y adaptabilidad en la planificación de proyectos. Los equipos Ágiles utilizan Sprint en lugar de cronogramas detallados. Al principio de un sprint, el equipo planifica su trabajo según los objetivos del proyecto para las próximas dos semanas. Los logros se utilizan para planificar el siguiente sprint..(Atlassian, s. f.)

Un diagrama de Gantt muestra los cambios en una tarea afectan el plan del proyecto. El feedback de las partes interesadas es crucial para equipos .(Atlassian, s. f.)

Ilustración 6

Ejemplo de Diagrama Gantt



Fuente : Imagen de tomada de(Bley & Cárdenas, 2015)

4.4.2 Método de ruta crítica (CPM)

Útil para proyectos complejos con múltiples actividades simultáneas. (Santoro, 2023)

El CPM determina la duración total del proyecto. Un retardo en las prontitudes críticas perturbará la estabilidad sistémica del plan establecida por esta secuencia.(Santoro, 2023)

El CPM es útil para gestionar proyectos complejos y detectar áreas que necesitan atención para prevenir retrasos. Se utiliza en la documentación de proyectos en varios sectores para coordinar actividades y alcanzar objetivos comunes.(Santoro, 2023)

Identificación de actividades

Hacer una lista de actividades del proyecto y definir sus dependencias.

Estimación de tiempos

Calcular el tiempo de las actividades. Esta estimación se fundamenta en datos previos, conocimientos o técnicas de estimación temporal. Otra formulación: "Esta estimación se apoya en información pasada, experiencia práctica o métodos de estimación temporal."

Creación de diagrama de red

Utilizar un diagrama PERT para representar actividades y dependencias. La actividad C solo puede comenzar después de la actividad B. Utiliza un software de proyectos para crear un diagrama de tiempos y actividades.(Santoro, 2023)

Cálculo del camino crítico

Ruta más larga en el diagrama de red. "La duración del proyecto está determinada por las actividades en la ruta crítica "..(Santoro, 2023)

Monitoreo y control

Monitorear el progreso del proyecto centrándose en el camino crítico. Cualquier demora afectará ¡el proyecto. El CPM identifica actividades críticas para prevenir retrasos.

Este método facilita la planificación y gestión de recursos de un proyecto mediante una hoja de ruta clara.(Santoro, 2023)

Se explica cómo el CPM puede ser útil para el éxito de una obra de infraestructura hidráulica.

1. **Una planificación meticulosa es crucial para el éxito a largo plazo en proyectos de construcción.** (CPM) desglosa las actividades con el fin proporcionar una representación detallada de las etapas del proyecto. Este nivel de detalle mejora la gestión de proyectos complejos al permitir a los técnicos anticipar y mitigar los obstáculos.(Santoro, 2023)
2. **Optimizar los recursos para ser más eficientes:** La asignación eficiente de recursos .(CPM) ayuda a dirigir los recursos hacia la ruta crítica. Las actividades clave son priorizados y asignados recursos para mitigar los retrasos y mejorar la eficiencia del proyecto.
3. **Predicción plazos finales:** El CPM destaca por su habilidad para estimar los tiempos de manera realista. Los técnicos en construcción pueden usar este método para prever la duración total del proyecto de forma confiable. (Santoro, 2023)
4. **Reducir riesgos y aumentar el control.:** El CPM es una herramienta de planificación y control efectiva Esto evita retrasos y facilita respuestas y focalizadas ante cambios en el plan.(Santoro, 2023)
5. **Éxito probado en proyectos desafiantes** El CPM es efectivo en varios proyectos. Los técnicos que la usan se benefician de proyectos exitosos y ganan confianza.(Santoro, 2023)

4.4.3 Evaluación y Revisión de Programas utilizando PERT

PERT ayuda a planificar proyectos multidisciplinarios con mayor precisión mediante el uso de estadísticas y probabilidades. Creado por la Marina de EE. UU. Durante los 50, para crear submarinos nucleares. (Jacintha, 2023)

El PERT se usa para hacer un calendario del proyecto con las actividades y sus relaciones.

El PERT para proyectos complejos, pero tiene limitaciones. El PERT asume que las actividades son independientes, lo que no siempre es cierto. El PERT no considera la incertidumbre en el calendario del proyecto.

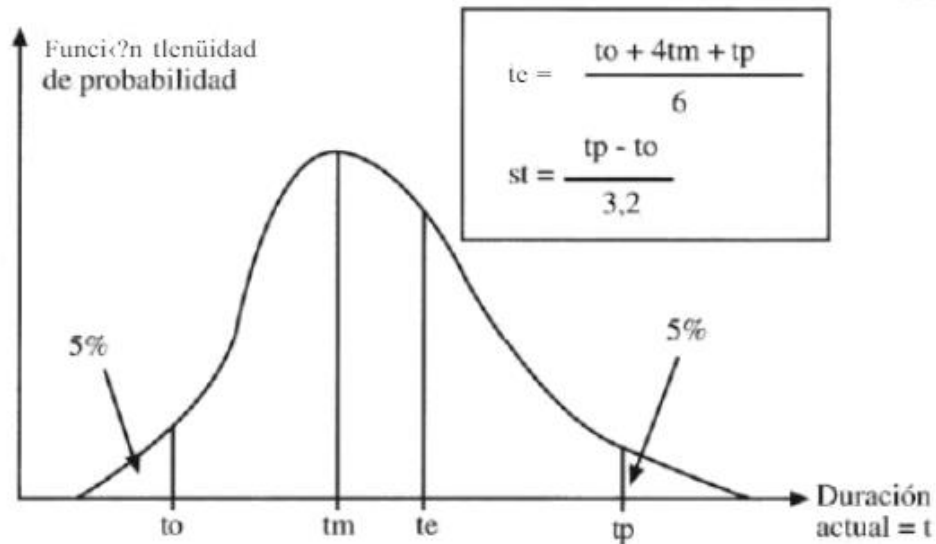
Según el autor (Bley & Cárdenas, 2015).PERT utiliza estimación probabilística de las duraciones de las actividades, considerando tres duraciones para cada una. "Estas duraciones son llamadas:".

1. **La duración optimista (t):** es el tiempo esperado en condiciones muy favorables.
2. **La duración pesimista (t):** representa el tiempo que una actividad tomaría en condiciones muy desfavorables
3. **La duración más probable:** recursos normales.

Según los autores(Bley & Cárdenas, 2015) por medio del siguiente grafico explican La duración optimista es el tiempo que se superaría solo uno de cada veinte veces si la actividad se repitiera en las mismas condiciones. La optimista es aquella que solo se excede una de cada veinte veces bajo las mismas condiciones. A mayor incertidumbre, mayor variación en la duración.

Ilustración 7

Estimaciones del método PERT



Fuente : Imagen tomada del libro (Bley & Cárdenas, 2015)

Según el autor (Rivera, 2015) Se calcula la media de tres valores para hacer la red según una fórmula.

Ilustración 8

Ecuación para calcular la media en PERT

$$t_e = \frac{d_o + 4d_m + d_{p2}}{6}$$

Fuente : Imagen tomada de (Rivera, 2015)

Donde:

do: duración óptima

dm: duración media

dp2: duración pesimista

La técnica determina la probabilidad de éxito del proyecto en función de los criterios del cliente.

Según (Jacintha, 2023) La técnica PERT tiene cinco pasos

1. Identificar las actividades necesarias para el proyecto.
2. Calcular la duración de las actividades.
3. Crear una red de tiempos posibles para actividades usando estimaciones optimistas, pesimistas y probabilidades.
4. Crear un diagrama de red es el tercer paso en el proyecto. El diagrama representa actividades como nodos y relaciones entre ellas como flechas. que permite terminar el proyecto en el menor tiempo.
5. Calcular el tiempo total del proyecto sumando los tiempos del camino crítico.

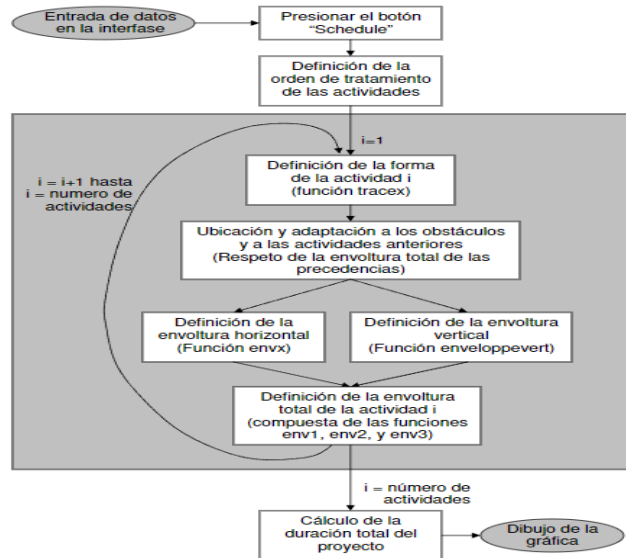
4.4.4 LSM

Según el autor (Alessandria, 2005) hace énfasis de que Los ingenieros usan el método de programación en línea (LSM) para planear proyectos lineales de manera eficiente.

El LSM es un método gráfico la evolución de las actividades del proyecto en el tiempo y el espacio. Se muestra la interacción entre tiempo y espacio en el proyecto. Los tiempos se representan en el eje “x” y el avance de las actividades en el eje “y”, pero también se puede hacer al contrario.(Alessandria, 2005)

Ilustración 9

Proceso de elaboración del diagrama LSM

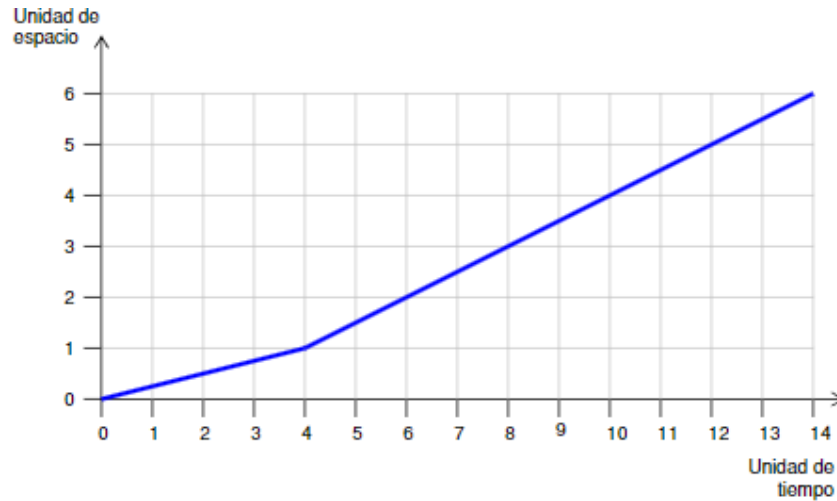


Fuente : Imagen tomada de (Alessandria, 2005)

El método LSM maneja los valores de rendimiento. A diferencia de los métodos tradicionales, este método solo requiere el rendimiento. La duración de la actividad se determina por su longitud y rendimiento. "La mayoría de las actividades se representan como líneas con coordenadas de tiempos y ubicaciones". (Alessandria, 2005)

Ilustración 10

LSM



Fuente : Imagen tomada de (Alessandria, 2005)

4.4.5 BIM

BIM es un método para obtener información del proyecto durante el diseño y la preconstrucción, no solo un software.(Samimpay & Saghatforoush, 2020)

Según los autores (Samimpay & Saghatforoush, 2020)

3D: tres dimensiones que incluyen parámetros de largo, ancho y alto.

4D: Tres dimensiones con el cronograma de construcción

5D: Cuatro dimensiones con estimación de coste de construcción.

6D: Cinco dimensiones con el sitio, que requiere la integración del sistema de información geográfica y BIM. Con la integración GIS, todos los casos disponibles en el sitio del proyecto presentan información detallada sobre la ubicación.

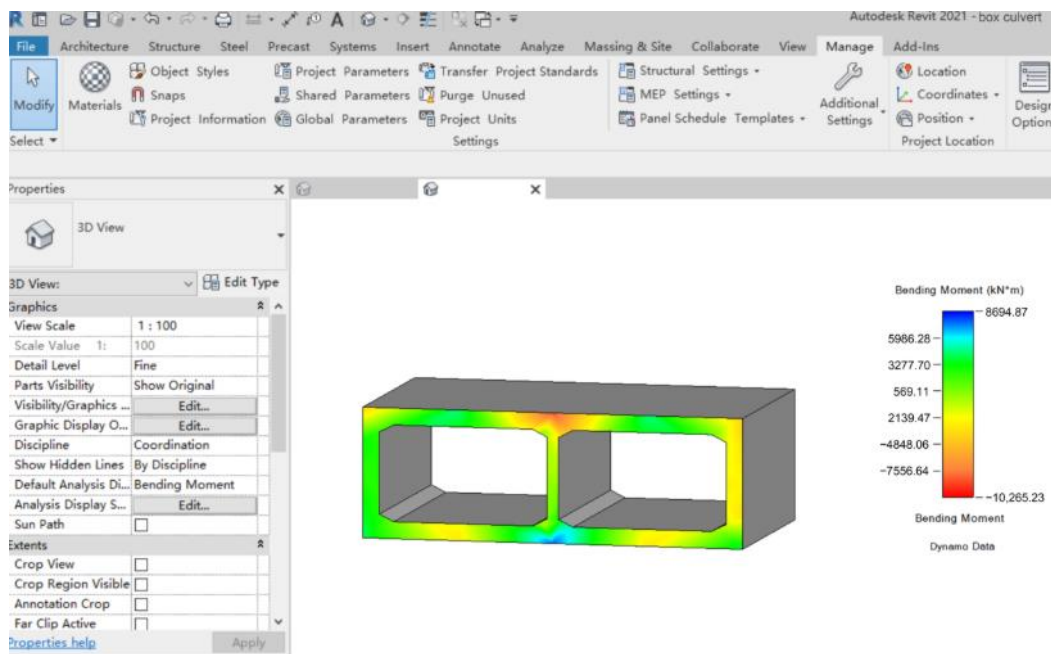
7D: Gestión de instalaciones en él.

Building Information Modeling Procedimiento para la gestión de la información. que abarca la creación y administración de elementos digitales a lo largo de diversas fases, incluyendo obras que pueden abarcar proyectos de construcción o productos industriales.

Según (Tuan Anh Nguyen et al., 2024) .La tecnología de gestión BIM simplifica significativamente el trabajo de Design & Build, con la incorporación de 4D BIM como técnica complementaria para mejorar La meta principal de 4D BIM es mejorar la visualización del progreso de la construcción al vincular el modelo 3D del edificio con un cronograma.

Ilustración 11

BIM de alcantarilla tipo caja



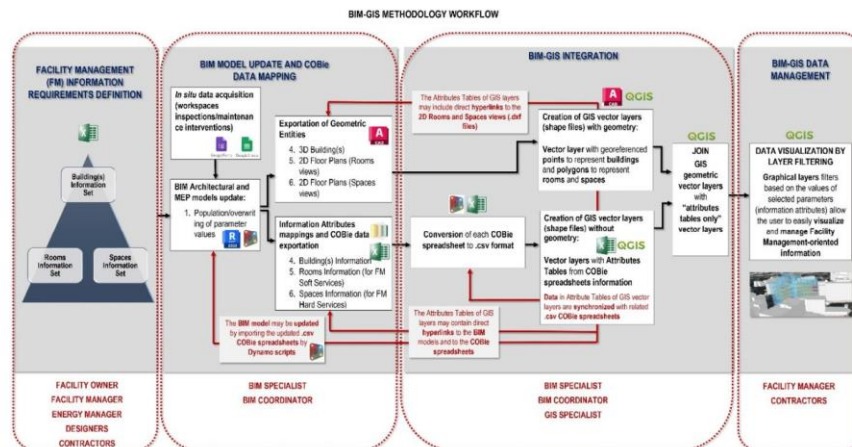
Fuente: Imagen tomada de (Wang & Huang, 2024)

Sistemas Integrados BIM-GIS

La integración BIM-GIS Suele implicar la extracción y transformación de la información necesaria, por cada actor involucrado en el proyecto específico. GIS y BIM son similares porque ambos modelan información espacial (a diferentes escalas) y tienen casos de uso comunes, como consultas y gestión de información de instalaciones basada en la ubicación.(Congiu et al., 2024)

Ilustración 12

Flujo de trabajo BIM -GIS



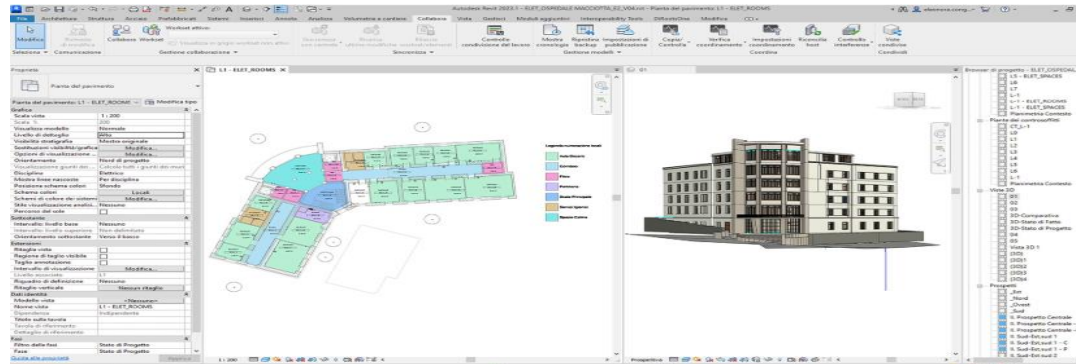
Fuente: Imagen tomada de (Congiu et al., 2024)

En la siguiente ilustracion observamos el caso de estudio implementando BIM-GIS

Permite un flujo de trabajo en 3D con revit .

Ilustración 13

Ejemplo de BIM-GIS en Revit



Fuente : Imagen Tomada de (Congiu et al., 2024)

4.4.6 Lean Construction

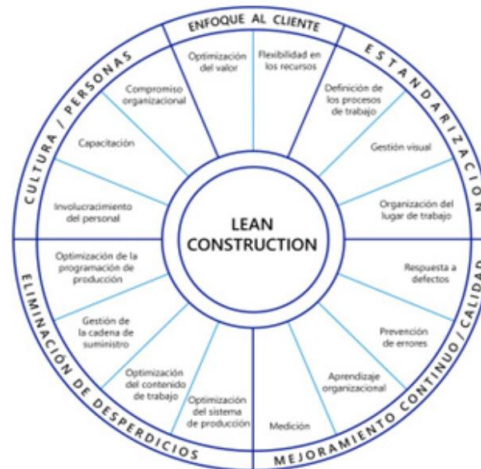
Lean Construction (LC) Es una app de filosofía Lean para la construcción civil, basada en Lean Manufacturing.(Vergara Hinojosa et al, 2022)

Lograr el equilibrio en la utilización de los recursos . Reduzca costos, elimine desperdicios y Entregar proyectos a tiempo sin exceder los presupuestos. (Singh & Kumar, 2020)

En la siguiente ilustración el autor (Koskela et al, 2002) Se establecen 11 principios básicos de Lean Construction, incluyendo la reducción de actividades sin valor y la mejora continua.

Ilustración 14

Principios y subprincipios de LC.



Fuente : Imagen tomada de (Vergara Hinojosa et al., 2022)

4.5 Análisis de Software de proyectos hidráulicos más conocidos

Para los proyectos hidráulicos como (obras de captación, transporte, control, distribución, recolección, tratamiento, transformación de energía hidráulica, protección y mejoras de cauces existen diversos softwares que se implementan actualmente en cada una ellas analizaremos los más utilizados en el mundo, como el Hec-ras, Epanet, Swmm y AutoCAD civil 3D.

4.5.1 Hec-ras

El método común para medir perfiles de ríos .(Seckin et al, 2007)

Permite al usuario calcular variables hidráulicas y realizar simulaciones de agua y sedimentos.(Daniel Ríos, 2023)

Interfaz de usuario

Estas funciones son proporcionadas por la app.

Administración de registros

"Importar y cambiar datos". Análisis hidráulico

Tabla e representación

Herramientas informes

ayuda contextual

Componentes del análisis hidráulico

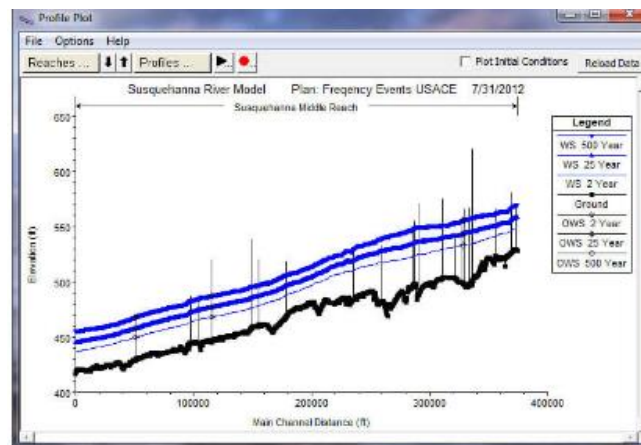
El sistema HEC-RAS incluye componentes de análisis de ríos para: (1) caracterizar el agua, modelar el flujo, el transporte de sedimentos y evaluar la calidad del agua transporte y evaluación de la calidad del agua .(*Características de HEC-RAS*, s. f.)

El sistema incluye funciones de cálculo hidráulico que se pueden utilizar después de calcular las principales secciones.(*Características de HEC-RAS*, s. f.)

La siguiente ilustración muestra cómo utilizar el software. El cálculo se fundamenta en el resolvemento de la ecuación de energía en una dimensión. Los gastos de energía causados por fricción y compresión/expansión son estimados.

Ilustración 15

Ejemplo de perfiles de agua en HEC-RAS



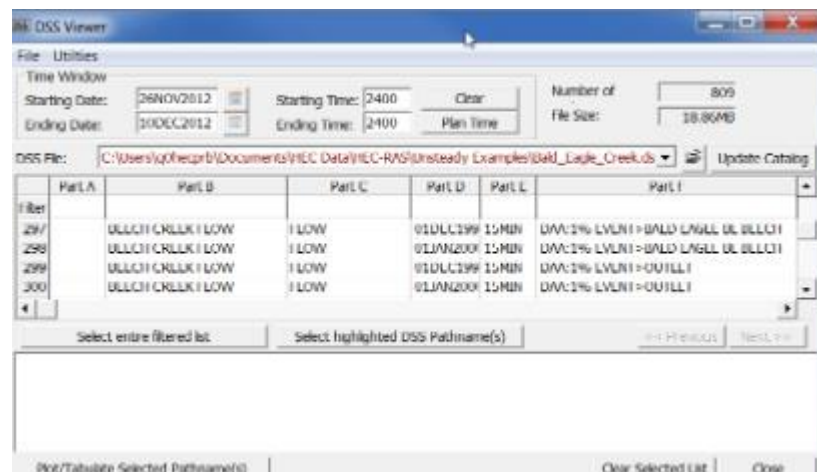
Fuente : Imagen Tomada de (*Características de HEC-RAS*, s. f.)

Almacenamiento y gestión de datos

El HEC-DSS (sistema de almacenamiento de datos), los archivos planos (ASCII y binarios) y el formato de datos jerárquico versión 5 ayudan a almacenar datos. Los datos del usuario se guardan en archivos que están organizados en categorías. Los archivos binarios HEC y HDF5 se utilizan para escribir la salida. HEC-DSS permite la transferencia de datos. GUI facilita, El modelador debe proporcionar un nombre de archivo distinto para el proyecto en desarrollo. La interfaz crea y nombra automáticamente los archivos que se requieren. La interfaz permite la gestión de archivos individuales dentro de cada proyecto. *(Características de HEC-RAS, s. f.)*

Ilustración 16

Ejemplo de gestión de datos en HEC-RAS



Fuente: Imagen tomada de *(Características de HEC-RAS, s. f.)*

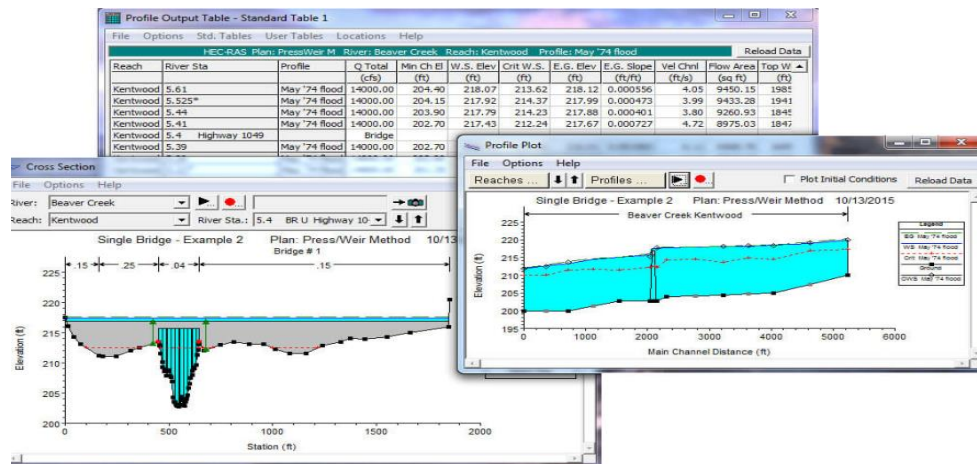
Gráficos e informes

El gráfico muestra datos del sistema fluvial, incluidos gráficos XY, secciones perpendiculares, secciones, mapas de inundaciones. Este conjunto incluye un gráfico 3D con múltiples secciones. *(Características de HEC-RAS, s. f.)*

Las inundaciones se mapearon utilizando el software obtiene múltiples superposiciones y animaciones. *(Características de HEC-RAS, s. f.)*

Ilustración 17

Gráficos e informes HEC-RAS



Fuente : Imagen Tomada de *(Características de HEC-RAS, s. f.)*

La función de informe permite imprimir datos de entrada y salida.

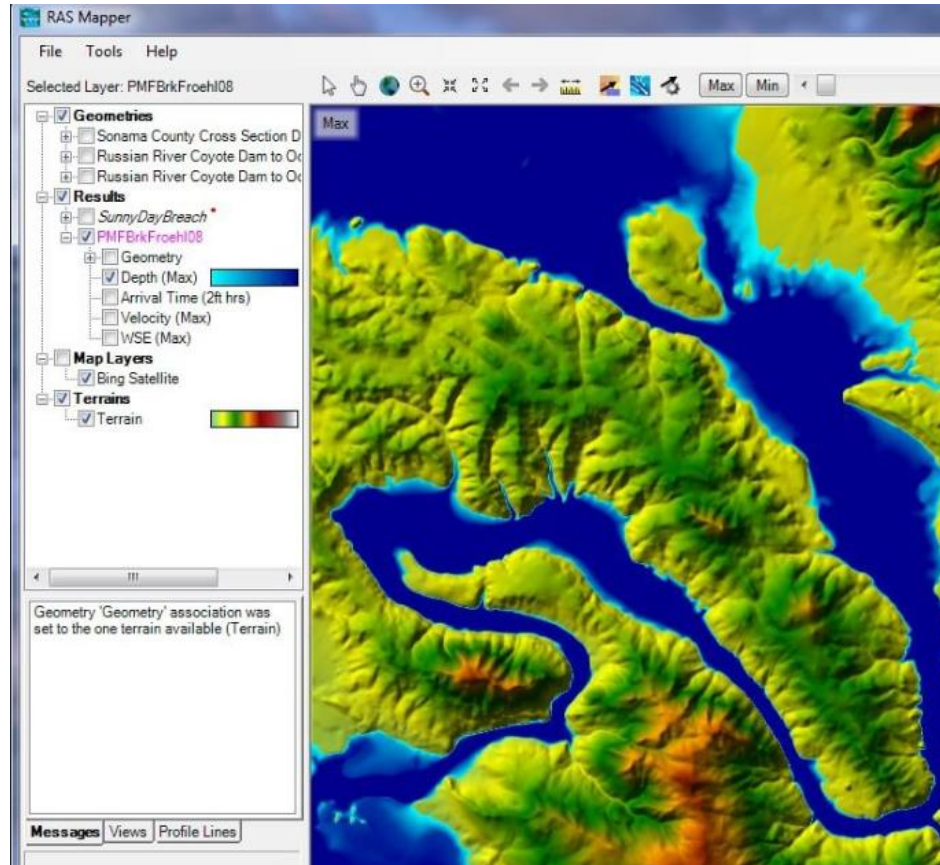
Ras Mapador

Los datos de los perfiles del agua pueden usarse para crear mapas de inundaciones.

La geometría HEC-RAS se utilizó para generar datos de llanuras aluviales, y los perfiles de agua se calcularon con RAS Mapper. Para analizar la velocidad, el esfuerzo cortante, la intensidad del flujo, el espesor del hielo y la infiltración de los canales de inundación, se pueden recopilar datos geoespaciales adicionales. *(Características de HEC-RAS, s. f.)*

Ilustración 18

RAS Mapper



Fuente : Imagen tomada de (Características de HEC-RAS, s. f.)

4.5.2 *Epanet*

EPANET es un programa informático que realiza simulaciones periódicas del comportamiento a largo plazo de la hidráulica. La red puede incluir tuberías, nodos, bombas, válvulas y tanques. (Rossman, s. f.)

El manual de (Rossman, s. f.) Pasos generales para modelar un sistema de abastecimiento de agua usando EPANET:

1. Crear un esquema de la red de desde un archivo de texto.
2. Edite las propiedades del objeto del sistema

3. Describe cómo funciona el sistema.
4. Seleccione Opciones de cálculo.
5. Realizar análisis claves de agua.
6. Ver resultados de análisis.

Red ejemplo

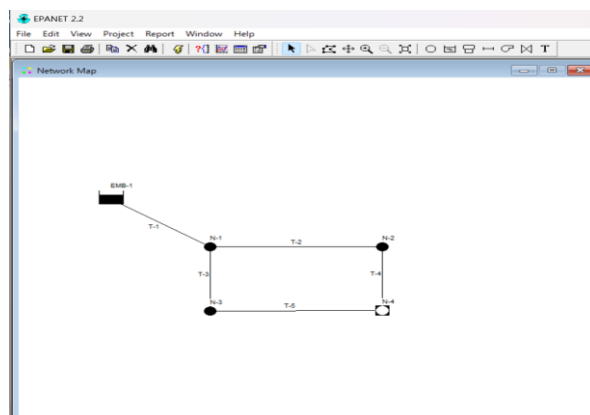
Para este ejemplo del software de epanet utilizare un ejercicio práctico que trabaje con el ingeniero Carlos bonilla en el curso de epanet.

El primer paso seria configurar epanet con defaults, en este revisar todo los valore por defecto.

En la ilustración 19 observamos un diagrama pequeño de una red de tuberías y su embalse

Ilustración 19

Red de ejemplo Epanet

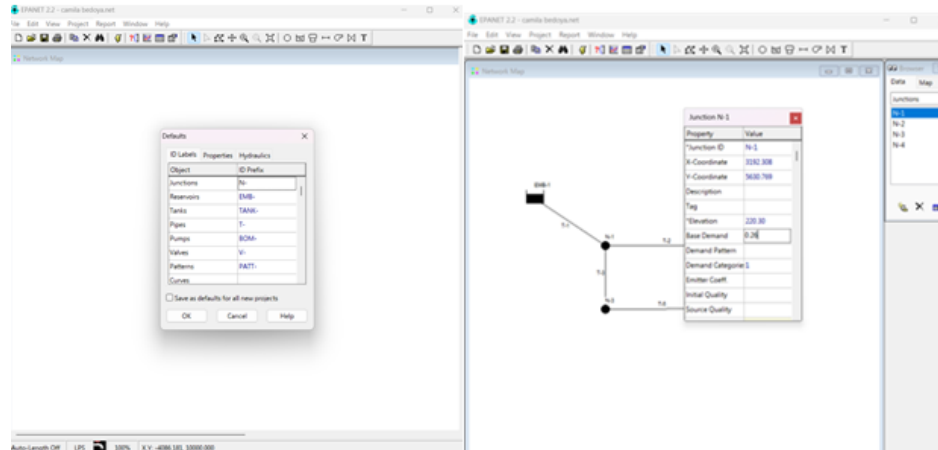


Fuente : Propia

En la ilustracion 20 realizar la configurar que utilizaremos en la interfaz del programa , en este caso se realizo para cuatro nudos , tuberías y un embalse

Ilustración 20

Configurar Epanet

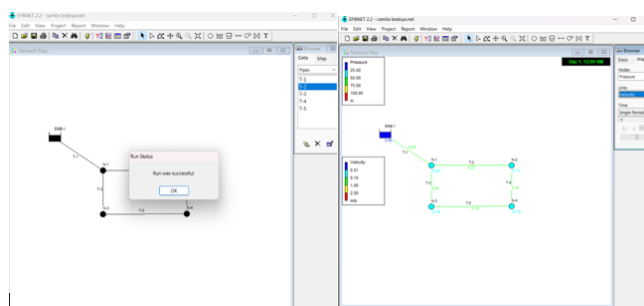


Fuente: Propia

En la ilustración 21 seleccionamos el cálculo en presiones y velocidades para analizar el comportamiento de la red, así mismo correr el programa para estudiar los casos (velocidad, presiones, caudal, altura, fugas)

Ilustración 21

Epanet Run

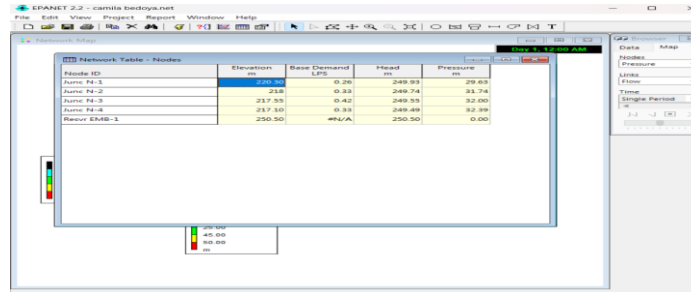


Fuente: Propia

En la ilustración 22, copiamos y observamos el análisis hidráulico de la red por tablas en la interfaz.

Ilustración 22

Tabla de epanet



The screenshot shows the 'Network Table - Nodes' window in EPANET 2.2. It displays a table with the following data:

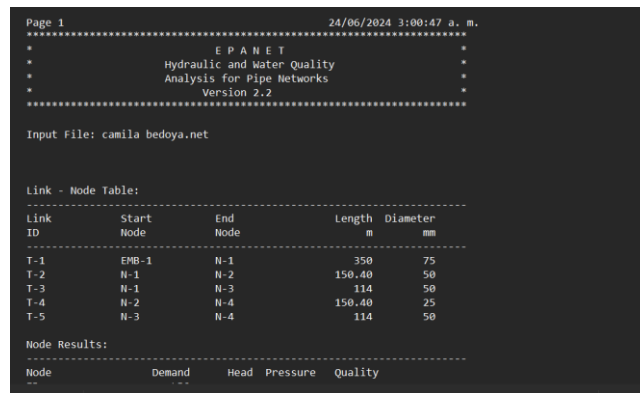
Node ID	Elevation m	Base Demand L/D	Head m	Pressure m
Node N-1	200	0.20	249.93	29.67
Node N-2	218	0.33	249.74	31.74
Node N-3	217.55	0.42	249.33	32.00
Node N-4	217.50	0.33	249.49	32.39
Reser EMB-1	250.50	N/A	250.50	0.00

Fuente : Propia

Por último, en la ilustración 23 observamos los resultados que nos da la interfaz de epanet.

Ilustración 23

Reporte final en epanet



The screenshot shows the final report output from EPANET 2.2. It includes the following information:

Page 1 24/06/2024 3:00:47 a. m.

 * E P A N E T *
 * Hydraulic and Water Quality *
 * Analysis for Pipe Networks *
 * Version 2.2 *

Input File: camila bedoya.net

Link - Node Table:

Link ID	Start Node	End Node	Length m	Diameter mm
T-1	EMB-1	N-1	350	75
T-2	N-1	N-2	150.40	50
T-3	N-1	N-3	114	50
T-4	N-2	N-4	150.40	25
T-5	N-3	N-4	114	50

Node Results:

Node	Demand	Head	Pressure	Quality
N-1	0.20	249.93	29.67	1.000

Fuente: Propia

4.5.3 Swmm

SWMM es desarrollado por la EPA En 1971, un modelo de simulación integrado de sistemas urbanos de agua. Simula eventos de precipitaciones variables en el tiempo y la calidad del agua a largo plazo en ciudades.(Seckin et al., 2007)

Según el autor (Seckin et al., 2007) Los principales módulos funcionales de SWMM incluyen rendimiento de escorrentía, concentración de escorrentía e hidrodinámica de la red de tuberías.

En el ámbito de los SWMN, la adopción de la tecnología de medidores de flujo ultrasónicos ha ganado fuerza, ofreciendo distintas ventajas sobre los medidores de agua tradicionales.(Kanyama et al., 2024)

Modelado hidráulico

Según (US EPA, 2014) . SWMM es un programa de modelado que se utiliza para simular el flujo de agua en sistemas de drenaje. Incluyen la capacidad de hacer lo siguiente:

-  Operar grandes redes de drenaje.
-  Use diferentes tipos de conductos de canales naturales.
-  Modelar diferentes elementos especiales en sistemas de drenaje pluvial.
-  Utilizar flujos de agua de diversas fuentes para mejorar de tratamiento.
-  Use métodos de enrutamiento de flujo de onda cinemática o de onda dinámica.
-  Modelé diferentes regímenes de flujo. Aplique reglas de control definidas por el usuario para simular bombas, orificios y niveles de vertedero.

Aplicaciones

Aplicaciones típicas de SWMM:

-  Diseñar componentes de sistemas de drenaje para controlar inundaciones.
-  Dimensionar los centros de detención y accesorios.
-  SWMM 5 es aprobado por FEMA para mapear llanuras aluviales

- ✚ Producir desechos contaminantes de diversas fuentes para distribuir cargas de residuos.
- ✚ Controlar el agua de escorrentía del sitio con prácticas de infraestructura verde.
- ✚ Evaluar la eficacia de prácticas de gestión y desarrollo de bajo impacto para reducir contaminantes en climas húmedos

Ilustración 24

Modelado en SWMN



Fuente: Imagen tomada de (US EPA, 2014)

4.5.4 AutoCAD civil 3D.

La funcionalidad de AutoCAD Civil 3D 2008 puede proporcionar importantes beneficios de productividad para una variedad de tipos de proyectos y tareas, incluyendo topografía, transporte, sitio, alcantarillado, tormentas Proyectos de drenaje, subdivisión y diseño (Goldberg, 2007)

Según (Autodesk Civil 3D Features | 2024 Features | Autodesk, s. f.)Funciones

clave de Autodesk Civil 3D

Descargue, cree, analice y ajuste datos de encuestas, así como transfiera datos capturados en el campo a la oficina Flujos de trabajo de sitios y encuestas.

Modelado de corredores

Cree modelos de corredores dinámicos y ricos.

Diseño de intersección

Modela intersecciones de 3 vías en T, 4 vías y rotondas.

Diseño y análisis del diseño y análisis de drenaje de drenaje

Administrar de aguas pluviales y alcantarillado sanitario. "Defina rutas óptimas de tuberías con análisis hidráulico/hidrológico".

Redes de presión

Diseñar redes de presión horizontales y verticales con segmentos de tubería curva y controles de diseño.

Planificación de producción y documentación.

Cree documentos de construcción a partir de dibujos como planos y perfiles, solo planos, solo perfiles y hojas de sección.

Interoperabilidad

Civil 3D admite la importación, exportación y enlaces con diferentes formatos CAD, incluido IFC, y se conecta con datos de Esri ArcGIS y Bentley.

Automatización del diseño

Use la programación visual para crear scripts que automaticen tareas repetitivas y complejas, incluida la electrificación y la señalización.

Modelado geotécnico

Visualice y analice datos geofísicos en Civil 3D sin complicaciones.

Materiales y cantidades

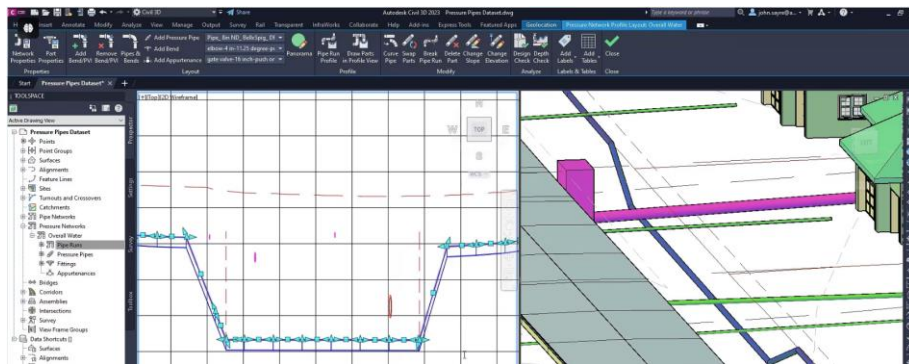
Emplee datos de secciones y perfiles para generar informes de volúmenes y superficies comparativas, calculando cantidades para el diseño actual.

Diseño de puente

Mejora la eficiencia en la coordinación de flujos de trabajo en proyectos complejos de diseño de puentes.

Ilustración 25

Modelado AutoCAD civil 3D



Fuente: Tomado de (*Autodesk Civil 3D Features | 2024 Features | Autodesk, s. f.*)

5. CONTROL Y SEGUIMIENTO DE PROYECTOS HIDRAULICOS

5.1 ¿Que es control y seguimiento en proyectos?

Supervisar evaluar la obra para asegurar cumplimiento de plazos, calidad y presupuesto.(Santoro, 2023)

Según el autor (luis, 2024) Seguir y controlar proyectos implica supervisar y evaluar el avance al plan. Esto implica supervisar el progreso y la eficiencia de un proyecto.

En PMBOK, Incluye la planificación, implementación, seguimiento y cierre del proyecto.(luis, 2024)

5.2 Metodología Pmbok

Las fases de gestión se dividen en cinco categorías: inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre. Un grupo de procesos tiene ciertas características y actividades.(luis, 2024)

1. **Inicie el proyecto** después de definir los objetivos y el alcance. Se identifican las partes interesadas y se establecen las expectativas. Se crea una carta del proyecto para autorizar oficialmente su lanzamiento.(luis, 2024)
2. **La planificación del proyecto** Se identifican riesgos mediante estrategias. La EDT es una visual de las tareas y subtareas del proyecto.
3. **La ejecución del proyecto** es cuando se realiza el trabajo planificado. Recursos asignados, tareas realizadas, progreso supervisado. Es fundamental cumplir los plazos, costos y prácticas de gestión en los proyectos.
4. **El seguimiento** una gestión adecuada del proyecto. Las desviaciones durante la implementación del proyecto son monitoreadas y corregidas.

El cierre del proyecto es la fase final en la que se completan se entregan al cliente. Se evalúa la eficacia del proyecto, se recopila la experiencia adquirida y se finalizan los contratos y recursos utilizados.

5.3 Metodología Prince2

Es una metodología estructurada para el manejo de proyectos que se centra en dividir proyectos en fases manejables. Proporciona una estructura clara y definida con un enfoque en la documentación y la gestión de proyectos.(Young, 2023)

Según el autor (Garzaro, s. f.) Este método es una combinación de procesos y métodos.

Procesos:

- ✚ Iniciar un proyecto: Necesidad de iniciar algo.
- ✚ Ejecute el proyecto con sus métricas. Proyectos de autogestión.
- ✚ Administre los límites de la escena de manera eficiente. Control de fase.
- ✚ Del suministro de productos garantiza la entrega de los productos deseados. La terminación del proyecto es el final oficial del mismo.
- ✚ La planificación incluye todos los recursos.

Componentes:

- ✚ Organización: Determinar la estructura organizacional del proyecto.
- ✚ El plan identifica pasos, informa recursos, etc.
- ✚ Control: gestión de la calidad Medir y determinar la calidad del proyecto.
- ✚ Define las características y criterios para medir los productos (Louis, 2024).
- ✚ Definir el proceso de seguimiento de cambios.
- ✚ Identificar variables de riesgo y medidas de gestión de riesgos. Se deben tomar medidas durante el proyecto (Louis, 2024).

Técnicas:

La planificación basada en productos incluye otros tres elementos. Ayudan a determinar los productos que se entregarán. Proporcionar medios para satisfacer una solicitud necesaria:

- a) Estructura del producto: diagrama del producto.
- b) Descripción del Producto: Descripción detallada del producto.
- c) Productos: descripción de productos relacionados. Control de cambios: nos permite poner todo el control bajo el control de los procesos. Controlar todos los cambios en el proyecto.

Las evaluaciones de calidad nos ayudan a evaluar y mejorar los estándares existentes, así como a identificar nuevos estándares para implementar. También facilita la finalización exitosa de los trámites y el análisis detallado de los bienes entregados.

5.4 Herramientas de gestión de proyecto

5.4.1 MS

MS Project es un software popular con funciones como programación, nivelación de recursos y generación de informes, fácil de usar. Se parece mucho a una hoja de cálculo. Elaborar un cronograma y encontrar la ruta es sencillo en MS Project. MS Project diferencia entre recursos de trabajo y recursos materiales. Puedes hacer seguimiento con el porcentaje de la tarea. Las nuevas versiones incluyen herramientas para la planificación y análisis de proyectos. Microsoft Project fue creado en EEUU. Durante el desarrollo de software de Microsoft. Fue lanzado en 1984.(Deshmukh et al., 2019)

Ms es un software de gestión de proyectos desarrollado y vendido por Microsoft. MS se puede utilizar individualmente o para realizar un seguimiento de proyectos complejos gestionados por varios administradores en diferentes ubicaciones.

- ✚ Implementar un plan.
- ✚ Asignar recursos a las tareas.
- ✚ Sigue tu progreso.
- ✚ Administración de presupuesto.
- ✚ Análisis de carga.

5.4.2 Wrike

Según (*Versatile & Robust Project Management Software* | Wrike, s. f.) Wrike es un software de planificar, monitorear e completar su trabajo de forma eficiente. Ofrece diversas funciones, como:

Permite crear, asignar y priorizar tareas de forma sencilla.

- ✚ **Los tableros Kanban** facilitan la visualmente el trabajo y el progreso de las tareas.
- ✚ **Los gráficos de Gantt** ayudan a planificar y programar proyectos complejos.
- ✚ **Registro y seguimiento del tiempo** para generar informes detallados de tareas.
- ✚ **Trabajo en equipo:** Permite compartir archivos, comentarios y menciones.

5.4.3 *ProjectManager*

Según (Landau, 2024) ProjectManager es un software de gestión de proyectos en línea que permite a los equipos planificar, realizar un seguimiento y ejecutar su trabajo de forma más eficaz. Sus muchas características incluyen:

-  **Gestión de tareas:** Permite crear, asignar y priorizar tareas fácilmente.
-  **Seguimiento del tiempo:** Permite registrar el tiempo dedicado a las tareas y generar informes detallados.
-  **Colaboración en equipo:** Facilita el compartir archivos, comentarios y menciones con los miembros del equipo.
-  **Integraciones:** Se conecta con herramientas populares como Slack, Google Drive y Dropbox.
-  **Seguridad y cumplimiento:** Protege los datos con avanzadas funciones de seguridad.
-  **Aplicaciones móviles:** Permite acceder a los proyectos desde cualquier lugar con las aplicaciones móviles de ProjectManager.

5.4.4 *Basecamp*

Según (Project management software, online collaboration, s. f.) Basecamp plataforma de gestión de proyectos que ayuda a equipos pequeños a avanzar más rápido y más lejos de lo que imaginaban. Basecamp es una herramienta de colaboración la nube que facilita la comunicación, la organización y el seguimiento del progreso del proyecto. Sus características incluyen:

- ✚ **Mensajes directos y grupales:** Permite la comunicación privada y en grupos dentro del equipo.
- ✚ **Tableros de anuncios:** Comparte noticias e información importante con todo el equipo.
- ✚ **Listas de tareas:** Crea, asigna y monitorea el progreso de las tareas.
- ✚ **Archivos compartidos:** Almacena y comparte archivos con el equipo.
- ✚ **Calendario:** Programa reuniones y eventos.
- ✚ **Integraciones:** Se conecta con herramientas populares como Slack, Google Drive y Dropbox.
- ✚ **Aplicaciones móviles:** Accede a los proyectos desde cualquier lugar con las aplicaciones móviles de Basecamp.

5.4.5 *Open Project*

Open Project software de planificar, gestionar y ejecutar sus tareas de forma más eficaz. Ofrece muchas funciones, como creación y organización eficiente de proyectos, fácil asignación y priorización de tareas, seguimiento detallado del tiempo dedicado a las actividades, colaboración en equipo mediante el intercambio de archivos y comentarios, discusión de temas relacionados en el foro de almacenamiento de datos específico del proyecto. y compartir información actual en la Wiki del proyecto, integración con herramientas populares como Git, Jira y Slack, así como la disponibilidad de aplicaciones móviles que permiten el acceso al proyecto desde cualquier parte del mundo. (*OpenProject - Software de gestión de proyectos de código abierto*, 2024)

6. CASOS DE ESTUDIO EN OBRAS HIDRÁULICAS

6.1 Colombia

Sacyr Construcción empleó métodos BIM con una longitud de 2.250 metros y una estructura colgante de 800 metros.(cursos Molones, 2019)

6.1.1 Construcción del Puente de Pumarejo, Barranquilla (Colombia)

Ilustración 26

Puente de Pumarejo, Barranquilla (Colombia)



Fuente: Imagen tomada de (cursos Molones, 2019)

El proyecto habilitara la conectividad y navegabilidad en el Caribe colombiano.(cursos Molones, 2019)

6.1.2 Norte de Santander

El corredor Honda, de 406m de longitud, forma parte del bloque funcional número 5 que conecta el tramo La Don Juan - Los Acacios. El diseño de sentido único asegurará la continuidad de la segunda ruta de Pamplona a Cúcuta, cruzando tres puentes importantes de la zona. (ANI, 2021)

Ilustración 27

Puente Honda



Fuente : Imagen tomada de (Descripción - Río Pamplonita - lrcertpro74.sacyr.com, s. f.)

Cinco municipios de la provincia se beneficiarán del proyecto.(ANI, 2021)

6.2 Internacional

6.2.1 Canal de Panamá

Esta es probablemente una de las obras más importantes de los últimos tiempos. Sacyr amplió la construcción original, que se consideró épica.(cursosMolones, 2019)

Se deben considerar muchos factores para completar esta obra titánica ,No obstante es importante mencionar las principales innovaciones realizadas: los sistemas de llenado y vaciado, las compuertas y el control.(cursosMolones, 2019)

El sistema hidráulico revisado incluye presas y cuencas en el lado Pacífico del canal. Las mejoras le permitieron manejar barcos más pesados.(cursosMolones, 2019)

El sistema de puerta corredera es una gran innovación y se mueve mediante ruedas superiores e inferiores. Teniendo en cuenta el sistema de puerta batiente original, se

conseguirán ciertas ventajas. Un ejemplo es utilizar un hueco en posición abierta a modo de dique seco para mantener la puerta sin afectar su funcionamiento. La puerta cambia de tamaño y peso dependiendo de las condiciones límite para mantener la flotabilidad.(cursosMolones, 2019)

El sistema de control ha sido rediseñado para hacer que el manejo de la cerradura sea más fácil y seguro. Un solo operador puede facilitar Panamá. subsistemas: “Máquinas” y “Dispositivos de distribución de energía”.(cursosMolones, 2019)

Las esclusas de la ampliación reciente son grandes y se dividen en dos complejos situados en el Pacífico y el Atlántico.(cursos Molones, 2019)

Un desafío ingenieril que requirió detallado diseño y trabajo para su inauguración el 26 de junio de 2016. A pesar de ser una tarea difícil, se deben valorar las 16 nuevas compuertas y su precisa instalación.(cursos Molones, 2019)

Ilustración 28

Canal de Panamá



Fuente : Imagen Tomada de (cursosMolones, 2019)

Ilustración 29

Mejora del canal de Panamá



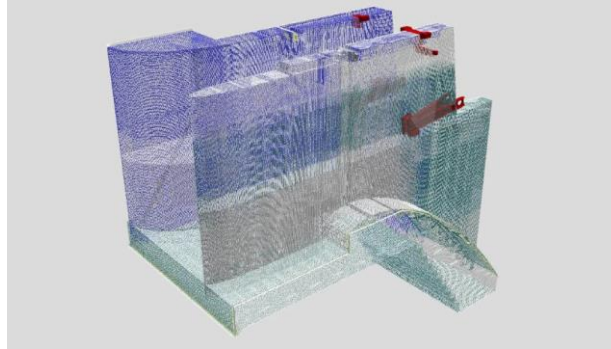
Fuente : Imagen Tomada de un video de (cursosMolones, 2019)

6.2.2 Diseño de la mayor represa de RCC de Europa con BIM

Según el artículo de (Allplan, s. f.) La presa necesitaba almacenar 615 millones de metros cúbicos de agua para producir suficiente energía. Los ingenieros necesitaban recrear cuatro generadores de turbina Francis de diferentes capacidades para la presa. La carretera de acceso al pueblo cercano se tuvo que mover por la construcción del nuevo depósito. Se decidió construir una autopista y un puente nuevos debido a las dificultades del terreno y la geología. Esto planteaba un gran desafío para el equipo de Su-Yapı debido a plazos de entrega ajustados.(Allplan, s. f.)

Ilustración 30

Represa de RCC de Europa en BIM



Fuente: Imagen tomada del artículo (Allplan, s. f.)

En solo tres años, el proyecto se desarrolló rápidamente y ahora los residentes se benefician de la energía renovable.

Ilustración 31

La mayor represa de RCC de Europa



Fuente: Imagen tomada de (Allplan, s. f.)

6.2.3 Tres Gorges Dam en China

Definitivamente el más conocido en todo el mundo. Es una presa hidroeléctrica en el río Yangtsé, en Hubei, China. La presa es la más grande del mundo y cubre el 10% de la demanda del país. Tiene una esclusa para barcos de hasta 3.000 toneladas y no interrumpe

el transporte fluvial. Tiene 32 turbinas de 700 MW cada una. La presa causó un impacto ambiental grave al provocar la extinción del delfín chino conocido como baiji.(Blog, s. f.)

Ilustración 32

Tres Gorges Dam en China



Fuente : Imagen tomada de (Blog, s. f.)

7. INNOVACIONES Y TENDECIAS FUTURAS

Como Ingenieros civiles debemos adoptarnos a las nuevas tendencias, sin perder el enfoque de construcción, que siempre es a la necesidad, comodidad, diseño, planteamiento de problemas de la comunidad, población en general siempre cuidando los recursos hídricos y en general.

7.1 La Construcción Sostenible

Está en constante evolución gracias a la introducción de materiales modernos que incorporan innovación científica, como el concreto autorreparable y el vidrio inteligente. Estos avances están transformando el panorama de la construcción y el diseño.

7.2 El Uso Inteligente del Agua

Se enfoca en adaptar las infraestructuras hidráulicas a las cambiantes necesidades del entorno y los usuarios. Mediante soluciones inteligentes en redes de distribución y gestión de aguas residuales.

7.3 La Resiliencia Climática

Busca reducir los efectos del cambio climático, es una prioridad. La Renovación ZinZanja es un ejemplo de cómo la infraestructura puede resistir eventos climáticos extremos y disminuir su impacto ambiental.

Dado que los diseños hidráulicos incorporan fuentes como la solar y la eólica, es esencial estar en armonía con la naturaleza. El tratamiento de aguas residuales con humedales artificiales mejora la biodiversidad y la calidad del agua.

7.4 La Tecnología Avanzada, Como la inteligencia artificial y los sistemas automatizados, optimiza las operaciones de las infraestructuras hidráulicas y se utilizan para restaurar y rehabilitar tuberías.

7.5 La Digitalización y la Realidad Virtual Están revolucionando la planificación y el diseño de obras hidráulicas. Los modelos 3D y las simulaciones inmersivas están cambiando la forma en que concebimos y ejecutamos proyectos en este ámbito.

7.6 Ejemplos de innovaciones en curso en obras hidráulicas

7.6.1 Sistema de riego por goteo inteligente:

El sistema utiliza sensores y tecnología de comunicaciones para optimizar el uso del agua agrícola, Mejorar la eficiencia energética .(Inicio, s. f.)

Ilustración 33

Servidor con el software de gestión y control de riego inteligente



Fuente :Imagen tomada de (Mayhua-López, s. f.)

7.6.2 Turbina hidro cinética:

Esta tecnología aprovecha corrientes de agua para generar electricidad sin represas ni impactos ambientales significativos

7.6.3 Depuradora de aguas residuales con membranas:

Esta tecnología utiliza membranas semipermeables para eliminar contaminantes del agua de manera eficiente y sostenible.

7.7 IA y su aplicación en el sector de la construcción.

La inteligencia artificial se destaca por su capacidad única para almacenar y analizar enormes cantidades de datos, así como por su habilidad para aprender de ellos. Esto se logra mediante el aprendizaje automático, un componente clave que utiliza los datos recopilados y los evalúa mediante pruebas y errores.

Estas capacidades tienen el potencial de generar ahorros de recursos en diversas etapas de un proyecto de construcción y al mismo tiempo, incrementar de manera automática las posibilidades creativas y sustentables.(Sayol, 2021)

Ilustración 34*IA en construcción*

Fuente : Imagen Tomada de (Sayol, 2021)

La inteligencia artificial (IA) en el ámbito geoespacial junto con el uso de drones está siendo empleada actualmente para obtener información en sistemas de información geoespacial (GIS). Esta tecnología es esencial para la construcción en el terreno (Sayol, 2021)

Ilustración 35*Drone en obras hidráulicas*

Fuente : Imagen tomada de (2023CamachoFranklin,LeonElizabeth,SalazarJose.pdf, s. f.)

CONCLUSIONES

- ✚ En general, las instalaciones de agua son estructuras fundamentales para el progreso de la sociedad. Facilitan el uso del agua para diversos fines, como proporcionar agua potable, irrigar tierras agrícolas, generar hidroelectricidad, controlar inundaciones y facilitar la navegación.
- ✚ En este monográfico se ha dado una visión teórica más general tanto de los métodos generales como de los planteamientos de las fuerzas hidráulicas, teniendo en cuenta las tendencias futuras que se convertirán en excelentes aliados en el mundo de la construcción de la mano del criterio humano.
- ✚ Las metodologías PMBOK Y PRINCE2 son similares, pero siempre con enfoques diferentes, pero siempre buscando el mismo resultado un rendimiento optimo humano para el éxito en construcciones.
- ✚ Las infraestructuras hidráulicas, como las represas, promueven la generación de energía hidroeléctrica, que juega un papel crítico en los sistemas energéticos y los esfuerzos de descarbonización en América Latina.
- ✚ El diseño de una red hidráulica adecuada representa un desafío de naturaleza compleja.
- ✚ Programación en obras hidráulicas, resulta crucial contar con herramientas fundamentales que permitan la adopción de decisiones en el momento adecuado y la resolución eficaz de posibles contratiempos durante la ejecución del proyecto.
- ✚ Las metodologías mejoran la planificación al definir objetivos, actividades, recursos y cronograma del proyecto

- ✚ Las metodologías de planificación son útiles, gestionar proyectos de construcción eficientemente. Su uso adecuado mejora eficiencia y calidad de la obra. La elección de la metodología más adecuada depende de las características específicas de cada proyecto.
- ✚ BIM ha transformado la gestión de proyectos hidráulicos con herramientas que mejoran el diseño, la construcción y la operación, resultando en proyectos de mejor calidad, eficiencia y sostenibilidad.
- ✚ BIM centraliza información para facilitar acceso a datos relevantes en todas las fases del proyecto de obra hidráulica.
- ✚ Es crucial aplicar metodologías adecuadas para gestionar proyectos de construcción de forma eficiente.

BIBLIOGRAFIA

1. ▷ *Glosario de TÉRMINOS de Instalaciones Hidráulicas* 🧑 🧑. (2023, diciembre 8). <https://residentedeobra.com/definiciones-y-glosario-de-terminos-tecnicos-para-instalaciones-hidraulicas/>
2. *2023CamachoFranklin,LeonElizabeth,SalazarJose.pdf*. (s. f.). Recuperado 25 de junio de 2024, de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/52768/2023CamachoFranklin%2cLeonElizabeth%2cSalazarJose.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
3. Alessandria, M. (2005). *Desarrollo de un software para la ejecución del método de programación en línea*. <https://repositorio.tec.mx/handle/11285/567221>
4. Allplan. (s. f.). *Diseño de la mayor represa de RCC de Europa*. Recuperado 24 de junio de 2024, de <https://blog.allplan.com/es/diseño-de-la-mayor-represa-de-rcc-de-europa>
5. ANI. (2021, diciembre 9). *El proyecto Pamplona-Cúcuta logra nuevos hitos gracias al cale de dos túneles*. Portal ANI. <https://www.ani.gov.co/el-proyecto-pamplona-cucuta-logra-nuevos-hitos-gracias-al-cale-de-dos-tuneles>
6. Atlassian. (s. f.). *Diagramas de Gantt*. Atlassian. Recuperado 19 de junio de 2024, de <https://www.atlassian.com/es/agile/project-management/gantt-chart>
7. *Autodesk Civil 3D Features | 2024 Features | Autodesk*. (s. f.). Recuperado 24 de junio de 2024, de <https://www.autodesk.com/products/civil-3d/features>
8. Bley, A. S., & Cárdenas, L. F. A. (s. f.). *Planificación y Control de Proyectos*.
9. Bley, A. S., & Cárdenas, L. F. A. (2015). *Planificación y Control de Proyectos*. 266.

10. Blog, S. (s. f.). *Las grandes presas chinas*. Recuperado 25 de junio de 2024, de <https://blog.structuralia.com/las-grandes-presas-chinas>
11. *Características de HEC-RAS*. (s. f.). Recuperado 24 de junio de 2024, de <https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/features.aspx>
12. Congiu, E., Quaquero, E., Rubiu, G., & Vacca, G. (2024). Building Information Modeling and Geographic Information System: Integrated Framework in Support of Facility Management (FM). *Buildings* (2075-5309), 14(3), 610. <https://doi.org/10.3390/buildings14030610>
13. cursosMolones. (2019, julio 31). *Tres grandes casos de éxito recientes con BIM en empresas españolas*. Editeca. <https://editeca.com/casos-de-exito-con-metodologia-bim/>
14. Daniel Ríos, J. (2023). Comparación de los modelos hecras 1D y 2D para la simulación de ríos urbanos. *Revista EIA*, 20(40), 1-14. <https://doi.org/10.24050/reia.v20i40.1661>
15. *Descripción—Río Pamplonita—Lrcertpro74.sacyr.com*. (s. f.). Río Pamplonita. Recuperado 1 de julio de 2024, de <https://www.unionvialriopamplonita.com/descripcion>
16. Deshmukh, S. P., Sagale, A. V., & Bais, D. M. M. (2019). Study of Scheduling In Microsoft. *International Journal of Scientific Research*, 5(2).
17. Forenza, Wilde, L. (s.f). PROGRAMACION DE OBRAS. En *Cátedra de Economía de la Construcción II | FAU | UNT* (p. 55). INSTITUTO DE ECONOMIA Y LEGISLACION DE LA CONSTRUCCION.

18. Frutos, E. de. (2019, marzo 6). Cronograma: ¿qué es, para qué sirve y cómo se hace? *ArquiSEJOS*. <https://arquisejos.com/cronograma-de-obra/>
19. Garzaro, I. M. G. (s. f.). *METODOLOGIA PARA CONTROL DE PROYECTOS PRINCE2*. 09.
20. *Glosario.pdf*. (s. f.). Recuperado 1 de julio de 2024, de https://www.ingenieria.unam.mx/planeacion/documentos/docsconsulta07_11/glosario.pdf
21. Goldberg, H. E. (2007). The Maturation of Civil Engineering Software. *Cadalyst*, 24(4), 48-49.
22. Gonzalez, M. (2024, junio 10). Optimización de la planificación de proyectos de ingeniería civil [2024]. *GEMAARQUITECTES.ES*.
<https://gemaarquitectes.es/planificacion/planificacion-de-proyectos-de-ingenieria-civil/>
23. *Ingeniería De Proyectos de Hidráulica*. (2017, noviembre 25).
<https://inforcivil.com/hidraulica/ingenieria-de-proyectos-de-hidraulica/>
24. *Inicio*. (s. f.). AEDyR. Recuperado 25 de junio de 2024, de <https://aedyr.com/>
25. Jacintha. (2023, febrero 9). Técnica de evaluación y revisión de programas (PERT)—Definición y explicación. *TechEdu*. <https://techlib.net/techedu/tecnica-de-evaluacion-y-revision-de-programas-pert/>
26. Kanyama, M. N., Bhunu Shava, F., Gamundani, A. M., & Hartmann, A. (2024). Machine learning applications for anomaly detection in Smart Water Metering Networks: A systematic review. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 134, 103558. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2024.103558>

27. Koskela, L. J., Ballard, G., Howell, G., & Tommelein, I. (2002). *The foundations of lean construction*. <https://salford-repository.worktribe.com/output/1473241/the-foundations-of-lean-construction>
28. Landau, P. (2024, junio 18). *What Is Change Management? Principles, Process & Models*. ProjectManager. <https://www.projectmanager.com/blog/change-management-process>
29. luis. (2024, abril 23). *Seguimiento y control de proyectos según PMBOK*. Administrar Proyectos. <https://administrarproyectos.com/seguimiento-y-control-de-proyectos-segun-pmbok/>
30. Mattos, A. D., & Valderrama, F. (with Martínez Ruiz, M. J.). (2014). *Métodos de planificación y control de obras: Del diagrama de barras al BIM* (J. Sainz, Ed.). Editorial Reverté.
31. Mayhua-López, E. (s. f.). *Sistema de riego por goteo automático utilizando una red de sensores inalámbricos*.
32. *OpenProject—Software de gestión de proyectos de código abierto*. (2024). OpenProject.org. <https://www.openproject.org/es/>
33. Paris, S. (2013). *Ingeniería: Hazañas y fracasos (Engineering: Feats & Failures)*. Teacher Created Materials.
34. *Project management software, online collaboration*. (s. f.). Basecamp. Recuperado 25 de junio de 2024, de <https://basecamp.com/>
35. *Proyectos Hidráulicos*. (2018, septiembre 17). Argentina.gob.ar. <https://www.argentina.gob.ar/obras-publicas/hidricas/proyectos-hidraulicos>

36. Rivera, V. (2015). *PROGRAMACIÓN, PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA CIVIL, EN LA REPÚBLICA DE GUATEMALA* [UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA].

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/3615/1/V%C3%ADctor%20Manuel%20Rivera%20Esteban.pdf>
37. Rossman, L. A. (s. f.). *EPANET 2 MANUAL DEL USUARIO*.
38. Samimpay, R., & Saghatforoush, E. (2020). Benefits of Implementing Building Information Modeling (BIM) in Infrastructure Projects. *Journal of Engineering, Project & Production Management*, 10(2), 123-140. <https://doi.org/10.2478/jeppm-2020-0015>
39. Santoro, M. (2023, diciembre 14). Método de la Ruta Crítica: Gestionar mejor la construcción. *BibLus*. <https://biblus.accasoftware.com/es/metodo-de-la-ruta-critica/>
40. Sayol, I. (2021, julio 22). *IA y su aplicación en el sector de la construcción*. Ekon. <https://www.ekon.es/blog/ia-aplicacion-sector-construccion/>
41. Seckin, G., Haktanir, T., & Knight, D. W. (2007). A simple method for estimating flood flow around bridges. *Proceedings of ICE: Water Management*, 160(4), 195-202. <https://doi.org/10.1680/wama.2007.160.4.195>
42. Singh, S., & Kumar, K. (2020). Review of literature of lean construction and lean tools using systematic literature review technique (2008–2018). *Ain Shams Engineering Journal*, 11(2), 465-471. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.08.012>
43. Structuralia. (s. f.). *Proyectos hidráulicos: No se quedan fuera de la transformación digital*. Recuperado 24 de junio de 2024, de <https://blog.structuralia.com/proyectos-hidraulicos>

44. Tuan Anh Nguyen, Tu Anh Nguyen, & The Van Tran. (2024). Building Information Modeling (BIM) for Construction Project Schedule Management: A Review. *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 14(2), 13133-13142.
<https://doi.org/10.48084/etasr.6834>
45. US EPA, O. (2014, mayo 21). *Storm Water Management Model (SWMM)* [Data and Tools]. <https://www.epa.gov/water-research/storm-water-management-model-swmm>
46. Vergara Hinojosa, R., Cayo Chileno, N. G., Herrera Rosas, M., Araoz Campos, A., & Aquino Rocha, J. H. (2022). Implementación de conceptos y herramientas de la filosofía Lean Construction en las empresas constructoras de la ciudad de Cochabamba—Bolivia. (Spanish). *Revista Avances: Investigación en Ingeniería*, 19(2), 1-20. <https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.2.8631>
47. *Versatile & Robust Project Management Software | Wrike*. (s. f.). Recuperado 25 de junio de 2024, de <https://www.wrike.com/>
48. Wang, D., & Huang, J. (2024). Automated Generation and Internal Force Visualization for Box Culvert Based on Building Information Modeling. *Applied Sciences (2076-3417)*, 14(6), 2543. <https://doi.org/10.3390/app14062543>
49. Young, S. M. (2023, julio 28). The Ultimate Guide To Prince2 Vs. Pmbok: Which Is Right For Your Project? *PRINCE2 Study Guide*.
<https://prince2studyguide.com/the-ultimate-guide-to-prince2-vs-pmbok-which-is-right-for-your-project/>