UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA

APLICACIÓN DE LA INTEROPERABILIDAD BIM-FM ENLA USM, SEDE CONCEPCIÓN

Trabajo de Titulación para optar al Título de Técnico Universitario Dibujante Proyectista

Alumno:

Paula Silva

Profesor guía:
Sergio Hernández

2021

RESUMEN

El presente trabajo aborda la aplicación de la interoperabilidad entre las metodologías Building Information Modeling y Facility Management en las dependencias de la sede Concepción de la Universidad Técnica Federico Santa María mediante un caso de estudio.

Este informe está conformado por 3 capítulos los cuales se detallan a continuación:

Capítulo I: Marco teórico, donde se describen los conceptos claves en torno a los objetivos planteados y da sustento al trabajo de título.

Capítulo II: Desarrollo, en él se describe la ejecución del modelo BIM y la implementación de la metodología administrativa de FM.

Capítulo III: Aspectos finales, el que abarca los resultados y conclusiones del trabajo realizado.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
OBJETIVOS 2
I MARCO TEÓRICO 3
I.1 DEFINICIONES DE CONCEPTOS 4
I.1.1 DEFINIENDO BIM 4
I.1.2 DEFINIENDO FM 6
I.2 ASPECTOS TÉCNICOS 9
I.2.1 IOT EN EL FM 11
I.3 ASPECTOS NORMATIVOS 12
I.4 CASOS DE ESTUDIO 15
II DESARROLLO 17
II.1 ANTECEDENTES 18
II.2 HERRAMIENTAS 19
II.2.1 REVIT (VERSIÓN 2021) 19
II.2.2 BIM 360 OPS 19
II.3 DESARROLLO MODELO BIM 20
II.3.1 MANEJO DE PLANIMETRÍA 20
II.3.2 MODELACIÓN 21
II.4 IMPLEMENTACIÓN DEL FM 22
II.4.1 EXPORTACIÓN A BIM 360 OPS 25
II.4.2 CARGA DE DATOS 28
II.4.3 CREACIÓN DE TAREAS Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO 29
II.4.4 USO REMOTO 30
II.4.5 EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN 33
III ASPECTOS FINALES 36
III.1 PROPUESTA 37
III.2 CONCLUSIONES 39
III.3 RECOMENDACIONES 39
BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN 40
IV ANEXOS 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1 Fases del ciclo de vida de un edificio (Autodesk, 2021). 4
Ilustración 2 Usos BIM 6
Ilustración 3 Ámbito de aplicación potencial del FM (PMM Institute For Learning, 2021). 7
Ilustración 4 Normas Internacionales relacionadas con las disciplinas BIM, FM y la interoperabilidad entre ellas. Tabla basada en (Lu, Xie, Parlikad, Schooling, & Konstantinou, 2020). 13
Ilustración 5 Normas Nacionales relacionadas con el FM. 14
Ilustración 6 Casos de estudio. Tabla basada en (Marmo, Nicolella, Polverino, & Tibaut, 2019). 16
Ilustración 7 Plano de Emplazamiento (Toro Silva, 2018). 18
Ilustración 8 Modelo 3D del Gimnasio (Edificio E) en formato .rvt (Sanhueza Medina, 2018). 18
Ilustración 9 Herramientas BIM usadas en Chile (Loyola, 2019) 19
Ilustración 10 Plano original y plano "limpio" de nivel 1 del Edificio A. 21
Ilustración 11 Render del modelo .rvt del Edficio A. 21
Ilustración 12 Tabla de mantenimiento básico de limpieza basada en "Mantenimiento de Instalaciones Sanitarias" (1999). 23
Ilustración 13 Tabla de conservación y mantenimiento de las instalaciones sanitarias basada en "Mantenimiento de Instalaciones Sanitarias" (1999). 24
Ilustración 14 Menú principal de BIM 360 Ops. 25
Ilustración 15 Apartado de "complementos" dentro de la sección "configuración". 25
Ilustración 16 Generación de código de exportación. 26
Ilustración 17 Exportación de Revit a BIM 360 Ops. 26
Ilustración 18 Lista de habitaciones. 27
Ilustración 19 Planta "00 Base", nivel creado en Revit que no será ocupado en el FM. 27
Ilustración 20 Lista de elementos recién importados. 27
Ilustración 21 Vista del modelo 3D en BIM 360 Ops. 28
Ilustración 22 Datos incluidos en la sección "planos" 28
Ilustración 23 Ejemplo de ficha de contacto. 29
Ilustración 24 Ejemplo de programa de mantención basado en la tabla de la Ilustración 13 29
Ilustración 25 Ejemplo de ficha de una tarea 30
Ilustración 26 Detalle de tarea programada 30
Ilustración 27 Notificación de tarea mediante correo electrónico. 31
Ilustración 28 Ficha de la tarea desde un celular. 31
Ilustración 29 Lista de comprobación vinculada a la tarea. 31
Ilustración 30 Creación de tique desde un celular. 32
Ilustración 31 Notificación de un nuevo tique. 32
Ilustración 32 Detalle de tique y asignación de encargado. 32
Ilustración 33 Gráfico de sifones según su fecha de caducidad. 33
Ilustración 34 Gráfico de inodoros y su fecha de caducidad ordenados en trimestres. 33
Ilustración 35 Gráfico de distribución de tiques. 33
Ilustración 36 Tabla basada en documento .XLS exportado desde BIM 360 Ops. 35
Ilustración 37 Diagrama resumen de metodología propuesta. 38

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A

AEC: Architecture, Engineering and Construction (Arquitectura, Ingeniería y Construcción).

B

BASs: Building Automation Systems (Sistemas de Automatización de Edificios).

BEM: Building Energy Management (Gestión de la energía de los edificios).

BIFM: British Institute of Facility Management (Instituto Británico de Gestión de Activos).

BIM: Building Information Modeling (Modelado de Información de Construcción).

BMS: Building Management Systems (Sistema de Gestión de Edificios).

BS: British Standard (Estándar Británico).

BSI: British Standard Institute (Instituto Británico de Normalización).

C

CAFM: Computer Aided Facilities Management (Gestión de Activos Asistida por Computadora).

CMMS: Computerized Maintenance Management Systems (Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento).

COBie: Construction Operations Building Information Exchange.

CORFO: Corporación de Fomento de la Producción**.**

D

DDC: Direct Digital Control (Control Digital Directo).

E

EAM: Enterprise Asset Management (Gestión de activos empresariales).

ERP: Enterprise Resources Planning (Planeación de Recursos Empresariales).

F

FM: Facility Management (Gestión de Activos).

FMI: Facility Management Institute (Instituto de Gestión de Activos).

G

GIS: Geographic Information System (Sistema de Información Geográfica).

H

HVAC: Heating, ventilation, and air conditioning (Calefacción, ventilación y aire acondicionado).

I

IAM: Institute of Asset Management (Instituto de Gestión de Activos).

IBM: International Business Machines Corporation (Corporación Internacional de Máquinas de Negocios).

IFC: Industry Foundation Classes.

IFMA: International Facility Management Association (Asociación Internacional de Gestión de Activos).

INN: Instituto Nacional de Normalización.

IoT: Internet of Things **(**Internet de las Cosas).

ISFE: International Society of Facilities Executives (Sociedad Internacional de Ejecutivos de Instalaciones).

ISO: International Organization for Standardization (Organización Internacional de Normalización).

IWMS: Integrated Workplace Management System (Sistema Integrado de Gestión del Lugar de trabajo).

N

NAME: North American Maintenance Excellence award (Premio a la excelencia en mantenimiento de América del Norte).

NBIMS-US™: National BIM Standard-United States (Estándar Nacional BIM de Estados Unidos).

O

OH&S: Occupational Health and Safety **(**Seguridad y salud ocupacional).

OSHA: Occupational Safety and Health Administration (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional).

P

PAS: Publicly Available Specification (Especificación disponible públicamente).

prNCh: Proyecto de Norma Chilena.

R

RFID: Radio-frequency identification (Identificación por frecuencia de radio).

T

TR: Technical Report (Reporte Técnico).

INTRODUCCIÓN

Diseñar un edifico que esté libre de todo tipo de mantenimiento todavía es tecnológica y económicamente imposible. Es por esto por lo que debe estudiarse la planificación, el diseño y la gestión con el objetivo de reducir costos, mejorar la eficiencia y el desempeño de los activos físicos de una corporación. De ahí nace la disciplina llamada Facility Management o gestión de instalaciones, la cual busca contribuir al desarrollo estratégico y a la administración y optimización de los recursos infraestructurales.

Una deficiente administración de los activos físicos podría provocar o propiciar una serie de acontecimientos negativos, tales como fallas en el sistema sanitario o eléctrico debido a la falta de mantención de sus respectivas instalaciones; una mala administración de espacios que conlleve colisiones en la disposición de uso de recintos, a pesar del tamaño de la infraestructura; o una discordancia entre el destino de las áreas edificadas y la Misión Institucional, otorgándole más espacio del necesario a funciones secundarias. Considerando que la fase operativa del edificio abarca, aproximadamente, el 85% de su vida, una mala gestión produciría la mayor acumulación y elevación de costos en todo el ciclo de vida de la infraestructura, de esta forma, una instalación mal conservada está condenada al fracaso (Albarello Forero, Gutiérrez-Bucheli, & Ponz-Tienda, 2019).

El FM se complementa muy bien con el Building Information Modeling o Modelado de Información de Construcción (BIM), podemos decir que se nutre de él ya que lo utiliza para conocer las instalaciones que se propone gestionar. Esta interoperabilidad beneficiaría, sobre todo, a infraestructuras de gran magnitud que presten una amplia variedad de servicios y requieran de una gestión eficiente, por ejemplo, una universidad.

La Universidad Técnica Federico Santa María posee tres campus y dos sedes a lo largo del país: Campus Casa Central Valparaíso, Campus San Joaquín, Campus Vitacura, Sede Viña del Mar y Sede Concepción, esta última contempla diez edificios con diferentes funciones y, por lo tanto, diferentes necesidades en cuanto a su gestión.

El presente Trabajo de Título plantea una propuesta de incorporación del FM en la administración de la UTFSM, sede Concepción; desarrollando, primeramente, un modelo BIM de la sede, el cual contenga información clara de la distribución de los espacios en cada planta y que integre otras especialidades, y aplicar, mediante este “gemelo virtual”, el FM.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diseñar un método de incorporación del Facility Management en la administración de activos físicos de la UTFSM, sede Concepción.

Objetivos Específicos

- Describir la metodología del Facility Management y su relevancia en la administración de activos.
- Recopilar antecedentes de planimetría, inventarios, etc. de la UTFSM, sede Concepción.
- Desarrollar modelos BIM de, por lo menos uno, de los edificios que componen la sede para aplicar Facility Management.
- Implementar la metodología administrativa de Facility Management en el edificio que se eligió como caso de estudio de la UTFSM, sede Concepción.

I MARCO TEÓRICO

I.1 DEFINICIONES DE CONCEPTOS

I.1.1 DEFINIENDO BIM

En los albores de BIM, muchos lo consideraban simplemente como la modelación tridimensional de una instalación. Esa básica explicación no transmite adecuadamente el potencial de los procesos y herramientas digitales de esta tecnología. El Estándar Nacional BIM de Estados Unidos (NBIMS-US™) lo describe como una representación digital de las características tanto físicas como funcionales de una instalación, la cual sirve como un recurso de conocimiento compartido para obtener información sobre dicha instalación, formando así una base confiable para las decisiones durante su ciclo de vida (National Institute of Building Sciences, 2015).

El ciclo de vida corresponde al "*conjunto de etapas o fases por las que atraviesa una edificación o infraestructura desde la idea y definición de sus requerimientos hasta el fin de su uso*" (CORFO, 2019), siendo cuatro las fases principales: planificación, diseño, construcción y operación, las cuales se definen a continuación:

1. **Planificación:** etapa en la que se consigue información para la planificación del proyecto capturando la realidad existente para generar modelos contextuales del entorno natural y construido.
2. **Diseño:** en esta fase se llevan a cabo el diseño conceptual, diversos análisis, el detallado y la documentación. La "preconstrucción" comienza usando datos del modelo BIM para determinar la programación y la logística. Se trata de una fase de trabajo coordinado de especialidades de proyecto.
3. **Construcción:** etapa de ejecución, utilizando especificaciones de BIM. Para garantizar que el cronograma y la eficiencia sean óptimos, se comparte la logística del proyecto con todas las especialidades intervinientes, los oficios y los contratistas.
4. **Operación:** en esta etapa los datos de BIM se trasladan a las operaciones y al mantenimiento de los activos terminados. También pueden utilizarse a futuro para renovaciones rentables y para un desmantelamiento o una demolición eficientes. (Autodesk, 2021).

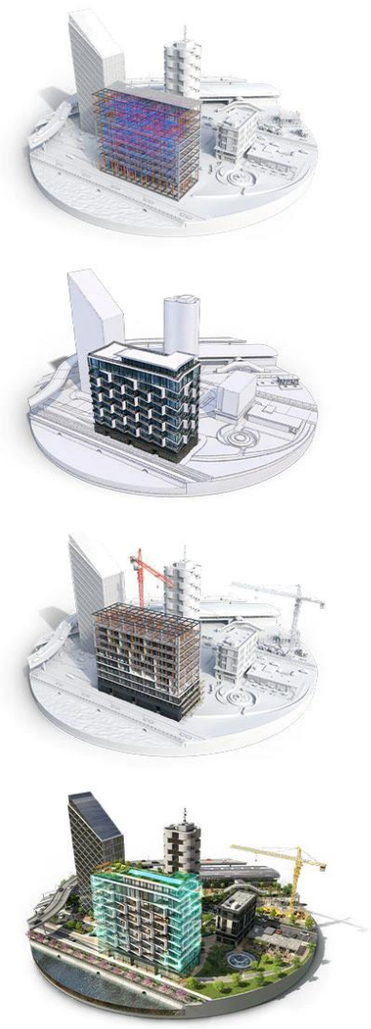


Ilustración 1 Fases del ciclo de vida de un edificio (Autodesk, 2021).

Se podría decir, entonces, que la metodología BIM reúne a todo el equipo en una misma mesa de trabajo virtual, es decir, logra centralizar toda la información de un proyecto en un mismo entorno digital en el cual pueden participar actores de las distintas disciplinas que intervendrán en el modelo (arquitectura, estructura, electricidad, entre otras) a lo largo de todas las etapas del ciclo de vida del edificio: Planificación, Diseño, Construcción y Operación.

I.1.1.1 DIMENSIONES DEL BIM

Para ilustrar la introducción progresiva de la capacidad o las funcionalidades dentro de los modelos BIM, se ha empleado una terminología "n-dimensional" que se define a continuación (Guillen, y otros, 2016):

Modelos 2D: aplicación clásica de modelos CAD 2D. Permite la obtención de planimetría, para archivo, utilizaciones en obra, entre otros usos.

Modelos 3D: diseño y herramientas 3D con enfoque paramétrico y orientado a objetos. Digitalización 3D. Posibilita la generación de infografías e imágenes fotorrealistas previo a su construcción. Este modelo puede ser exportado a programas de cálculos de estructuras, instalaciones, entre otros.

Modelos 4D: programación y secuenciación de proyectos. Las capacidades de captura de datos y representación de información se utilizan para planificar y controlar la ejecución del proyecto y la construcción. Los datos obtenidos se pueden exportar a softwares específicos de programación.

Modelos 5D: estimación de costes. Permite obtener de forma directa, una estimación presupuestaria, lo que se traduce en un mayor control de la fase de construcción.

Modelos 6D: sostenibilidad. Se emplea el modelo para abordar proyectos sostenibles, posibilitando la obtención de certificaciones energéticas, cálculos de impacto ambiental, entre otros.

Modelos 7D: gestión de instalaciones. Esta dimensión implica el uso del modelo con el fin de planificar y ejecutar las actividades y procesos de mantenimiento y operaciones durante todo el ciclo de vida de las instalaciones, logrando la optimización de los procesos importantes tales como inspecciones, reparaciones, mantenimientos, etc.

Este modelo debe contener toda la información que se estime necesaria para el funcionamiento del edificio, por ejemplo: las instrucciones de mantenimiento y funcionamiento, los datos de garantía, la información del fabricante y los contactos (Facility Latam, 2021).

I.1.1.2 USOS BIM

Un modelo BIM se puede utilizar para distintas prestaciones según los objetivos que se quieran alcanzar. La CORFO, en su iniciativa Planbim, determinó 25 Usos BIM distribuidos en las 4 fases de un proyecto mencionadas anteriormente basándose en el documento Building Information Modeling Project Execution Planning Guide, de la Universidad de Penn State, Pennsylvania, Estados Unidos.

Ilustración 2 Usos BIM

Como se ve en la imagen, la gestión de activos corresponde al Uso 21, el cual es definido por la CORFO como "*el proceso en el que un sistema de gestión organizado está vinculado bidireccionalmente a un modelo as-built, que puede estar conformado por uno o más modelos BIM, para ayudar de manera eficiente en el mantenimiento y operación de un activo. Estos modelos BIM contienen información de la construcción física, los sistemas, el entorno circundante y los equipos, que se deben mantener, actualizar y operar de manera eficiente y sustentable*" (CORFO, 2019).

Tomando esto en cuenta, profundicemos ahora en lo que es el Facility Management.

I.1.2 DEFINIENDO FM

Abundan las definiciones de esta disciplina ya que va variando según el área de aplicación y el nivel de detalle, las más acertadas en este caso, y que se ocuparán como base de este informe, son las siguientes:

"*Profesión que abarca múltiples disciplinas para garantizar la funcionalidad, comodidad, seguridad y eficiencia del entorno construido mediante la integración de personas, lugar, proceso y tecnología*" (International Facility Management Association, 2021).

"*Función organizacional que integra personas, lugares y procesos dentro del entorno construido con el propósito de mejorar la calidad de vida de las personas y la productividad del negocio principal*" (International Organization for Standardization, 2021).

Entre los objetivos de esta disciplina podemos mencionar: reducir los costos operativos, impulsar la eficiencia y sostenibilidad y mejorar la calidad de las instalaciones. Para lograr esto, el FM clasifica las prácticas de operación y mantención en dos categorías principales de mantenimiento: reactivo y preventivo (Naghshbandi, 2016).

Mantenimiento reactivo o correctivo: enfoque tradicional en el que una pieza necesita ser reemplazada o reparada sólo si falla, es decir, corresponde a la corrección de problemas evidentes. Su uso frecuente genera sobrecostos durante la fase de mantenimiento y operación de un edificio, esto porque entre más se pospone una inversión, mayor es el costo de ella. El flujo de actividades de este tipo de mantenimiento consiste básicamente en esperar la falla abrupta de un elemento, identificarlo y realizar una evaluación que posteriormente lleva a la reparación (Albarello Forero, Gutiérrez-Bucheli, & Ponz-Tienda, 2019).

Mantenimiento preventivo: corresponde a la revisión de elementos antes de que ocurra una falla. De esta forma, el usuario puede incrementar la vida útil del proyecto, reducir los costos, conocer el estado real de las instalaciones y reducir tiempos muertos ya que se asegura la disponibilidad y funcionamiento de la instalación en todo momento. A fin de lograr esto es fundamental establecer una rutina de mantenimiento o inspección regular, detallando las actividades que se ejecutarán en ellas (Albarello Forero, Gutiérrez-Bucheli, & Ponz-Tienda, 2019).

I.1.2.1 APLICACIÓN DEL FM

Como el FM es una disciplina que abarca múltiples elementos de una instalación, es lógico por lo tanto que tenga múltiples ámbitos de aplicación como se presenta en el gráfico (PMM Institute For Learning, 2021):

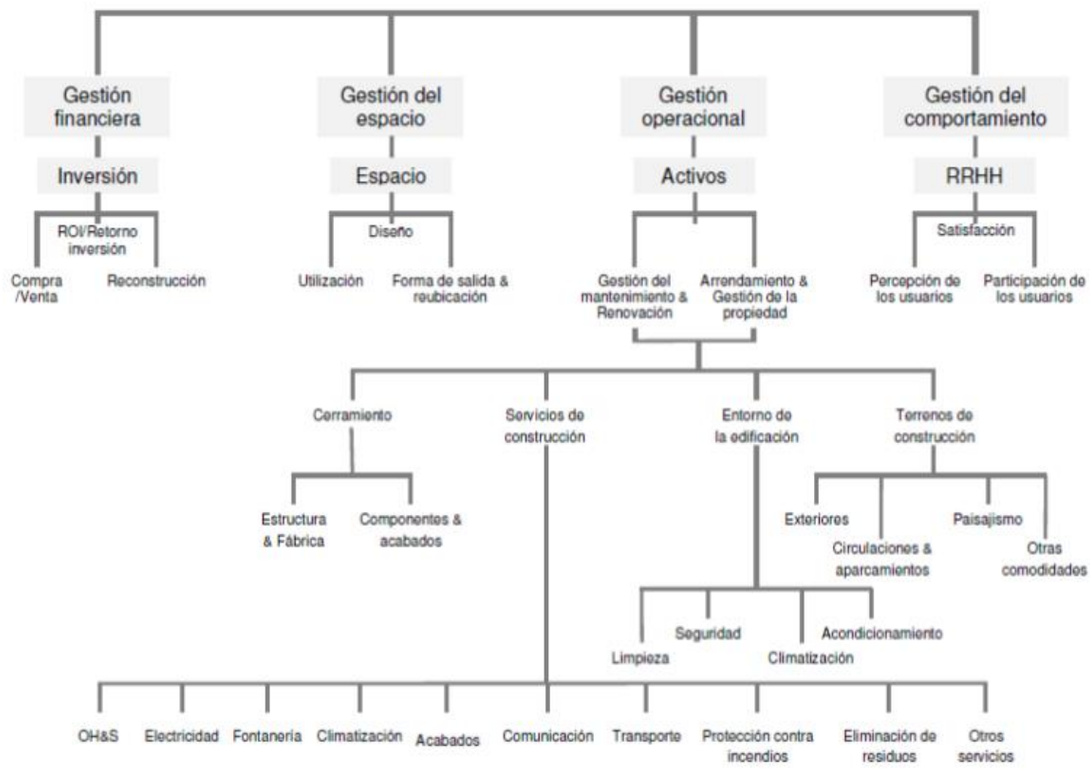


Ilustración 3 Ámbito de aplicación potencial del FM (PMM Institute For Learning, 2021).

I.1.2.2 HISTORIA DEL FM

En los inicios del proceso de industrialización se tenía poco o ningún conocimiento sobre los beneficios que conlleva una gestión de activos de forma organizada, la mayoría de las veces era responsabilidad del propio trabajador la mantención de los equipos y el espacio que utilizaba. A medida que la maquinaria se fue haciendo más compleja, se crearon los primeros departamentos de mantención enfocados más que nada al mantenimiento reactivo (García Garrido, 2003).

Con la aparición de la producción en línea del empresario automotriz Henry Ford, toma impulso el concepto de un mantenimiento más organizado, determinando en qué momento se deben realizar las labores de reparación sobre productos defectuosos o que no cumplen los estándares (Olarte C., Botero A., & Cañón A., 2010).

La primera Guerra Mundial y, sobre todo, la Segunda fueron sucesos claves en la historia del FM y del mantenimiento en general, ya que provocaron en las empresas la necesidad de aumentar su producción para suplir la demanda del mercado global. Al producir grandes cantidades por largos periodos de tiempo las empresas notaron la importancia de una correcta gestión esto porque la reparación correctiva de las máquinas implicaba la parada del proceso de producción lo que traía grandes pérdidas. Con el fin de fiabilizar, seguir aumentando la producción y evitar las pérdidas por cada parada del proceso junto con los costos asociados, nace el mantenimiento preventivo (García Garrido, 2003).

Pasaron los años y la aparición de nuevas industrias estimularon el desarrollo de nuevos métodos de planificación, gestión de la producción y control del mantenimiento. Recién en la década de los 60 el avance de la informática crea un ambiente propicio para el desarrollo del FM. En esa década nació la primera generación de herramientas informáticas para esta disciplina, IBM e Intergraph permitieron realizar inventarios, mantenimiento, localización de activos y otras funciones, en computadoras mainframe (Norberto Ortiz, 2011).

En 1978 un grupo de profesionales del área se propusieron darle un mayor reconocimiento y credibilidad a esta disciplina. Así, se realizó la primera reunión de Facility Managers. Luego, a comienzos de los 80, George Graves, Charles Hitch y Dave Amstrong crearon el Facility Management Institute (FMI), cuya función era reunir a los profesionales del sector. Institución que más tarde, por el enorme interés que despertó en el campo, se convirtió en la Internacional Facility Management Assotiation (IFMA), una asociación sin ánimo de lucro que representaba a 60 países (Paparella & Zanchetta, 2019).

En 1989 el Massachusetts Institute of Technology crea la International Society of Facilities Executives (ISFE), como vía para proporcionar información y conocimiento para ejecutivos relacionados con el FM. A nivel europeo, en el mismo año se crea el grupo EuroFM, de profesionales europeos interesados en el área de Facility Management, con el propósito de impulsar el desarrollo de esta actividad dentro del continente (Facility Latam, 2021).

En los años 90 crece la importancia que tiene la gestión de activos, creándose el British Institute of Facility Management (BIFM), Institute of Asset Management (IAM) y el North American Maintenance Excellence (NAME) Award, teniendo por objetivo la divulgación y el intercambio de las mejores prácticas, estrategias y beneficios resultantes de la implementación del FM.

Posteriormente, en el año 2003 se establece el comité Británico de Estandarización en Gestión de Activos (British Standard Asset Management), que luego publica las

especificaciones British Standard PAS-55, actualizadas en el 2008 por el IAM y el BSI (British Standard Institute). Estas últimas tienen correspondencia con las ISO-9001:2000, 14001:2004, 18001:2007 y OSHA-18001:2007 (Márquez Artola, 2015).

Finalmente, en el 2010 el comité técnico de ISO crea la norma ISO 55000, un estándar internacional para la Gestión de Activos basado en el documento de la PAS-55:2008.

En la historia del FM es evidente la gran evolución desde un sencillo mantenimiento de los activos de las instalaciones hasta formar toda una cultura de gestión inmobiliaria. Además, se ha desarrollado la conciencia de que para lograr un sistema de gestión estratégico se requiere el uso de un software que entregue soluciones de organización, información y visualización gráfica (Paparella & Zanchetta, 2019). Tema que se abordará en el siguiente ítem.

I.2 ASPECTOS TÉCNICOS

Existe un vasto número de herramientas diseñadas para apoyar el FM, muchas de las cuales se enfocan en uno o varios campos de aplicación de esta disciplina. Con el tiempo, algunas tecnologías de comunicación e información de gestión de instalaciones han evolucionado para mejorar la eficacia de este proceso, entre las más comunes podemos mencionar:

Planeación de Recursos Empresariales o Enterprise Resources Planning (ERP):
Los ERP gestionan los ítems asociados al FM desde el punto de vista de gestión administrativa y financiera. Este tipo de sistema está compuesto por diferentes módulos integrados que apoyan diversas actividades: producción, ventas, compras, logística, contabilidad (de varios tipos), gestión de proyectos, GIS, inventarios y control de almacenes, pedidos, nóminas, etc. (FMHOUSE, 2015).

Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento o Computerized Maintenance Management System (CMMS):

Se refiere a softwares que almacenan la información completa de los activos físicos e instalaciones y usan herramientas como control de inventario, mantenimiento preventivo, control de órdenes de trabajo, etc. (Naghshbandi, 2016).

Este tipo de software es utilizado normalmente por técnicos de mantenimiento, gestores, personal de inventario, y otros trabajadores de las instalaciones. La mayoría de los CMMS en el mercado actual utilizan almacenamiento en la nube, lo que significa un gran avance ya que no se requiere de actualizaciones manuales (Kelly, 2020).

Gestión de Activos Asistida por Computadora o Computer-Aided Facility Management (CAFM):

Un software CAFM permite a los usuarios planificar, ejecutar y monitorear las actividades relacionadas con el mantenimiento; también permite a los usuarios optimizar la gestión del espacio, las reservas de habitaciones, la gestión de activos, los servicios de instalaciones y otros. Además, es posible integrar dibujos CAD para la gestión del espacio y la planificación del diseño.

CAFM es una buena opción para quienes buscan optimizar la gestión y la utilización de los espacios dentro de sus edificios, y obtener una imagen más amplia de lo que está sucediendo en sus propiedades (Kelly, 2020).

Gestión de activos empresariales o Enterprise Asset Management (EAM) Software:

Un EAM tiene como objetivo gestionar todo el ciclo de vida de los activos físicos y equipos con el fin de maximizar la vida útil, reducir los costos, mejorar la calidad y promover la eficiencia.

Aunque muchas veces se usa como sinónimo de CMMS, hay que señalar que no corresponden a lo mismo. Mientras que un CMMS comienza a rastrear la información y el rendimiento de los activos después de que el activo se haya comprado e instalado, un EAM realiza un seguimiento desde la planificación y la instalación. Sin embargo, la mayor diferencia con este sistema es que el CMMS se centra, principalmente, en el mantenimiento, y un sistema de software EAM incorpora además las áreas de negocio y funciones comerciales (Kelly, 2020).

Sistema Integrado de Gestión del Lugar de trabajo o Integrated Workplace Management System (IWMS):

Un IWMS ayuda a una organización a optimizar los recursos del lugar de trabajo. Este tipo de software sirve como una solución única para programar el mantenimiento, rastrear proyectos de capital y reducir el uso de energía; es decir, cumple todas estas funciones dentro de una única plataforma de software donde la información puede ser compartida entre las partes interesadas (Kelly, 2020).

Gestión de la energía de los edificios o Building Energy Management (BEM):

Los BEMS se aplican al control de sistemas activos, es decir, sistemas de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC), y determinan sus tiempos de funcionamiento. El rendimiento este tipo de sistema está directamente relacionado con la cantidad de energía consumida en los edificios y la comodidad de sus ocupantes.

Para grandes edificios es recomendable usar BEM en conjunto con algún software BAS/BMS. También se puede integrar a CAFM, BIM y otros sistemas de mantención para para controlar el equipo operativo (Aziz, Nawawi, & Ariff, 2016).

Sistemas de Automatización de Edificios o Building Automation Systems (BASs) y Sistema de Gestión de Edificios o Building Management Systems (BMS):

Controlan y monitorean equipos mecánico y eléctrico, por ejemplo: HVAC, iluminación, sistemas de energía, sistemas contra incendios y sistemas de seguridad. BAS inicialmente consistía en controles neumáticos con aire comprimido, más tarde los sistemas fueron reemplazados por microprocesadores y controles digitales directos (DDC). El nuevo siglo trajo un progreso significativo con la amplia adopción de tecnologías inalámbricas que facilitó la comunicación entre dispositivos y controles, y que está siendo impulsada por la nueva era del IoT que experimentamos en la actualidad.
La variedad de funciones de los softwares de este tipo concede a los propietarios de edificios y administradores abordar diversos objetivos operativos, como la reducción del consumo de energía y los costos de mantenimiento y ciclo de vida, garantizar la comodidad de los inquilinos, minimizar los riesgos de seguridad, entre otros (Wen & Mishra, 2018). Los modelos BIM relacionados con BMS/BASs permiten crear un vínculo entre el diseño y el uso real de la planta por parte de los usuarios (Mirarchi, Pavan, & De Marco, 2018).

I.2.1 IOT EN EL FM

Los recientes avances tecnológicos tienen el potencial de transformar el modo en que interactuamos con nuestro entorno, entre estos está el Internet de las Cosas o Internet of Things (IoT), que se define como: "*La interconexión a través de internet de dispositivos informáticos, vehículos, edificios y otros objetos cotidianos, que les permite enviar y recibir datos"* (Institute of Workplace and Facilities Management, 2021).

IoT (incluyendo RFID, código QR, sistemas de sensores y tecnologías de red) permite la utilización sin problemas de dispositivos de detección y actuación para compartir información a través de un marco predefinido y tecnologías inalámbricas. Su marco se realiza a través de sistemas de sensores ubicuos, análisis de datos, representación de información y computación en la nube (Lu, Xie, Parlikad, Schooling, & Konstantinou, 2020).

El número de instalación de sensores está aumentando exponencialmente, tanto así que la cantidad de dispositivos conectados ya ha superado a los seres humanos conectados y se estima que la cifra es de 9 mil millones aproximadamente. Estos sensores se implementan en diversas áreas, como el retail, la industria, el transporte, la salud y bienestar, la construcción y la automatización de edificios (Dave, Buda, & Främling, 2018).

La implementación del IoT es beneficiosa en todo el ciclo de vida de un edificio. En cuanto a las etapas de planificación y diseño, uno de los aportes más importantes es la síntesis de los datos atribuidos a la infraestructura (BIM) en relación con los datos del entorno del Sistema de Información Geográfica (GIS) e IoT. Toda esa información combinada permite una toma de decisiones más fiable por parte del diseñador, mejorando la ubicación del proyecto y las propiedades. Durante la construcción de las instalaciones, el IoT, permite monitorear cargas pesadas, zonas peligrosas de la obra, entre otras cosas. (Muñoz, Arcos, & Alberti, 2020).

En lo que concierne a la etapa de operación, el IoT proporciona la capacidad de emitir, vincular y sincronizar datos en tiempo real, lo que otorga una mayor eficacia a las herramientas anteriormente mencionadas. Esto trae especial beneficio cuando se combina con la metodología BIM, *"la combinación de BIM e IoT permite disponer de una gran cantidad de información en tiempo real y este es el núcleo de lo que se denomina Smart City. Juntos, BIM e IoT dan forma a una síntesis de sistemas aplicable a todas las fases del proyecto con resultados sobresalientes, aprovechando Big Data y BIM"* (Muñoz, Arcos, & Alberti, 2020).

I.3 ASPECTOS NORMATIVOS

Tipo de Estándar	Título	Área de enfoque
Normas relacionadas con la gestión de activos	ISO 55000: Gestión de activos — Aspectos generales, principios y terminología.	Visión general de un sistema de gestión de activos con principios y terminología clave.
	ISO 55001: Gestión de activos — Sistemas de gestión — Requisitos.	Define los requisitos para el desarrollo de un sistema de gestión de activos.
	ISO 55002: Gestión de activos — Sistemas de gestión — Directrices para la aplicación de la ISO 55001.	Proporciona orientación sobre los procesos de gestión para cumplir los requisitos descritos en ISO 55001.
	ISO 41001: 2018 Facility Management - Sistemas de gestión - Requisitos con orientación para el uso.	Especifica los requisitos para un sistema de administración de instalaciones (FM) cuando una organización: a) necesita demostrar la entrega efectiva y eficiente de FM que respalda los objetivos de la organización de demanda; b) tiene como objetivo satisfacer consistentemente las necesidades de los interesados y los requisitos aplicables; c) aspira a ser sostenible en un entorno competitivo globalmente.
	ISO 41012: 2017 Facility management - Orientación sobre el abastecimiento estratégico y el desarrollo de acuerdos.	Proporciona orientación sobre el suministro y el desarrollo de acuerdos en la gestión de instalaciones (FM). Destaca: elementos esenciales en los procesos de abastecimiento de FM; Roles y responsabilidades de FM en los procesos de abastecimiento; Procesos de desarrollo.
	ISO 41011: 2017 Facility management – Vocabulario.	Define los términos utilizados en los estándares de gestión de instalaciones.
	ISO / TR 41013:2017 Facility management - Alcance, conceptos clave y beneficios.	Describe el alcance, los conceptos clave y los beneficios de la gestión de instalaciones (FM) y proporciona un contexto para el uso y la aplicación de los términos definidos en ISO 41011.
	ISO / TR 16310: 2014 Bibliotecas de símbolos para la construcción y gestión de instalaciones.	Especifica los requisitos y las necesidades para el suministro y la gestión de descripciones simbólicas estandarizadas de los objetos que deben especificarse en el proceso de construcción.
	ISO/TS 55010:2019 Gestión de activos — Orientación sobre la alineación de las funciones financieras y no financieras en la gestión de activos.	Proporciona directrices sobre la alineación entre las funciones financieras y no financieras en la gestión de activos, a fin de mejorar el control interno como parte del sistema de gestión de la organización.
	BS 8536: Información para el diseño y la construcción (partes 1 y 2).	Proporciona recomendaciones para la información sobre las necesidades operacionales durante la fase de diseño y construcción.
	PAS 91:2013: Cuestionarios de precalificación de construcción.	Proporciona un conjunto común de preguntas que se deben hacer a la cadena de suministro para validar si pueden cumplir con los requisitos operativos.

Estándares relacionados con BIM	ISO 19650 Organización y digitalización de la información en obras de edificación e ingeniería civil que utilizan BIM. Gestión de la información al utilizar BIM.	Estándar cuyo contenido pretende dar soporte a los agentes participantes en cualquiera de las fases del ciclo de vida de Infraestructuras y Edificios (Activos) mediante la metodología BIM (Building Information Management).
	BS 1192-2007 + A22016: Producción colaborativa de información arquitectónica, de ingeniería y construcción. Código de prácticas.	Desarrollo de un entorno de datos de colaboración para el intercambio de información relacionada con el diseño.
	PAS 1192-2: Especificación para la gestión de la información para la fase de entrega de proyectos de construcción utilizando BIM.	Define un marco para el desarrollo de procesos BIM dentro de la fase de construcción.
	PAS 1192-3: Especificación para la gestión de la información para la fase operativa de activos utilizando el modelado de información de construcción.	Se centra en la fase operación y mantención de un activo.
	PAS 1192-5: Especificación para el modelado de información de edificios con mente de seguridad, entornos digitales construidos y gestión inteligente de activos.	Marco para un enfoque basado en la seguridad para los procesos de gestión de la información BIM.
Estándares relacionados con el intercambio de datos y la interoperabilidad FM-BIM	BS 1192-4: Producción colaborativa de información. Cumplimiento de los empleadores. Requisitos de intercambio de información mediante COBie. Código de prácticas.	Define un esquema de datos para el intercambio de información relacionada con la operación a lo largo de toda la vida útil de un activo.
	ISO 16739: Intercambio de datos en la industria de construcción y en la gestión de inmuebles mediante IFC.	Formato de intercambio de código abierto y neutral para el proveedor para el ejemplo de geometría e información relacionadas con BIM.
	ISO 29481-1: Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 1: Metodología y formato.	Una metodología que vincula los procesos de negocio emprendidos con la construcción de un activo con la información específica requerida por estos procesos.
	ISO 29481-2: Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo para la interacción.	Define un marco para el desarrollo de un sistema de clasificación dentro del entorno construido.
	ISO 12006-2: Construcción de edificios – organización de la información sobre obras de construcción – marco para la información orientada a objetos.	Define un marco para el desarrollo de una ontología para su uso dentro del diseño orientado a objetos.
	PAS 212: Descubrimiento automático de recursos para IoT.	Diseño de un servicio para IoT, ampliamente adoptado en aplicaciones prácticas como las ciudades inteligentes.

Ilustración 4 Normas Internacionales relacionadas con las disciplinas BIM, FM y la interoperabilidad entre ellas. Tabla basada en (Lu, Xie, Parlikad, Schooling, & Konstantinou, 2020).

Es importante destacar que el Instituto Nacional de Normalización (INN) incluyó en su programa de trabajo 2020, cuatro proyectos de nuevas Normas Chilenas relacionadas con la Gestión de Instalaciones, que han tomado como base las Normas Internacionales de la serie ISO 41000 sobre Facility Management. Estos cuatro proyectos fueron trabajados en su etapa de Anteproyecto y ya se han enviado en Consulta Pública. Actualmente, se encuentran en etapa de Comité Técnico, en donde se deben revisar y resolver mediante consenso las observaciones que ha recibido cada proyecto. Los proyectos de norma en desarrollo se presentan en la siguiente tabla (INN, 2021) :

Título	Descripción	Base normativa
prNCh3706- Gestión de instalaciones - Sistemas de gestión - Requisitos con orientación para su uso	Especifica los requisitos para un sistema de gestión de instalaciones (Facility Management, FM) cuando una organización: a) necesita demostrar una prestación eficaz y eficiente de FM que apoye los objetivos de la organización demandante; b) tiene por objeto satisfacer sistemáticamente las necesidades de las partes interesadas y los requisitos aplicables; c) aspira a ser sostenible en un entorno competitivo globalmente.	ISO 41001:2018
prNCh3707- Gestión de instalaciones – Vocabulario	Define los términos utilizados en las normas de gestión de instalaciones (Facility Management, FM).	ISO 41011:2019
prNCh3708- Gestión de instalaciones - Guía para el aprovisionamiento estratégico y el desarrollo de acuerdos	Proporciona orientación para el aprovisionamiento y el desarrollo de acuerdos en Gestión de Instalaciones (FM). Destaca: elementos esenciales en los procesos de aprovisionamiento en FM; roles de FM y responsabilidades en los procesos de aprovisionamiento; procesos de desarrollo y esquemas de modelos de acuerdos típicos.	ISO 41012:2017
prNCh3709- Gestión de instalaciones - Alcance, conceptos clave y beneficios	Describe el alcance, los conceptos clave y los beneficios de la Gestión de Instalaciones (FM) y proporciona un contexto para el uso y la aplicación de los términos definidos ISO 41011.	ISO/TR 41013:2017

Ilustración 5 Normas Nacionales relacionadas con el FM.

I.4 CASOS DE ESTUDIO

En la presente tabla se describen casos de éxito de la interoperabilidad BIM-FM en instituciones de carácter educacional, señalando el propósito del proyecto en general, el objetivo del modelo BIM utilizado, la información requerida, la información de referencia y, finalmente, los beneficios de esta interoperabilidad.

Caso de estudio	Propósito	Objetivo del modelo BIM	Información requerida	Información de referencia	Beneficios
Escuela de Taiwan, 2011	Creación de un único repositorio de datos de instalaciones para el mantenimiento de instalaciones.	Para recopilación y comunicación de información.	Programación de tareas planificadas; resultados de las obras de mantenimiento; documentos de mantenimiento de instalaciones.	Modelos CAD 3D; sistemas FM existentes.	Mejora de la accesibilidad a la información; mejora de la planificación de tareas y la calidad de la inspección.
Universidad de Chicago 2013	Apoyo a las actividades de mantenimiento.	Para recopilación y comunicación de información.	Lista de información y datos de inventario de activos.	Modelos de diseño y construcción; sistemas FM existentes.	Mejora de la precisión de los datos; proceso simplificado de adquisición de datos.
Kerr Hall, Universidad Ryerson, 2015	Probar cómo superar los desafíos clave durante el desarrollo de BIM 7D.	Para recopilación, comunicación y análisis de información.	Asignación de espacio; cálculos de viabilidad de la iluminación; mapa de riesgos de asbesto.	Encuesta e informes; sistemas de gestión espacial existentes.	Mejora de la actualización y evaluación de datos de la posible adaptación energética.
Campus de la Universidad de Northumbria, 2015	Investigar el valor de BIM en la gestión del espacio.	Para recopilación, comunicación, análisis y generación de información.	Ubicación de los recintos que incluyen material basado en asbesto en su construcción, fecha de extracción y documentación de seguridad.	Planos de planta DWG, escaneos de elevaciones, secciones JPEG, Excel database.	Mejora de la gestión de seguridad y el registro de información.
Universidad de Columbia Británica, 2015	Comprender la transición de un enfoque basado en papel a un enfoque basado en BIM y FM.	No se detalla.	Lista de información de operación y mantenimiento.	Sistemas de gestión de edificios; sistemas de información de instalaciones; sistemas de gestión de activos.	No se detalla.

Campus Terrassa, 2016	Investigar los beneficios de la integración de la gestión de mantenimiento y BIM.	Para recopilación, comunicación y análisis de información.	Lista de características del edificio, gestión del espacio, mantenimiento y datos de seguimiento de edificios.	Stock físico e intranet; sistema de gestión de edificios; sistemas de gestión de mantenimiento.	Mejora de la coherencia de los datos, la inteligencia en el modelo y la generación de informes; integración de los sistemas de instalaciones.
Edificio de una Universidad Pública, 2018	Creación de un repositorio central de datos de instalaciones para apoyar FM.	Para recopilación y generación de información.	Lista de información sobre mantenimiento y equipos.	Directrices del propietario y productos de traspaso.	Actualización más fácil de CMMS gracias a la entrega de modelos BIM.
Edificios de la Escuela de Melzo, 2018	Desarrollar un modelo de apoyo a la toma de decisiones para definir las prioridades en la renovación.	Para recopilación y análisis de información.	Lista de información sobre accesibilidad; eficiencia energética; rendimiento acústico.	Legislación y normas técnicas; simulaciones térmicas.	Evaluación semiautomática del nivel de cumplimiento de los edificios existentes, con menor tiempo y costes.

Ilustración 6 Casos de estudio. Tabla basada en (Marmo, Nicolella, Polverino, & Tibaut, 2019).

En Chile, fue pionera en el estudio de implementación de un sistema de FM, la Universidad del Bío-Bío, con el proyecto PD-9501, llevado a cabo en el "Centro de Desarrollo en Arquitectura y Construcción" de la Universidad, y experimentado sobre la infraestructura del Campus Concepción. El objetivo de este trabajo fue estudiar una metodología de digitalización de planos por computador, dedicada a apoyar la administración de infraestructura de entidades locales, y así optimizar la utilización de su planta física (García, 1997).

II DESARROLLO

II.1 ANTECEDENTES

Antes de todo, es necesario recolectar y revisar la información de la que ya se dispone para tener una visión más clara de las instalaciones, evitar repetir tareas que ya están realizadas y agilizar el desarrollo del trabajo.

Los antecedentes que se utilizaron son:

Planimetría

La cual corresponde a planos arquitectónicos dibujados por Diego Toro Silva, ex alumno de la carrera Técnico Universitario Dibujante Proyectista de la Sede Concepción y que abarcan las plantas de cada nivel de todos los edificios de la Sede, 17 en su totalidad como se muestra en la Ilustración 7.

Estos planos se encuentran en formato DWG, lo que facilita la reproducción 3D de las infraestructuras. Cabe destacar que cada planta va acompañada de un cuadro donde se detalla el número, destino, área y departamento al que pertenecen los recintos de la planta.

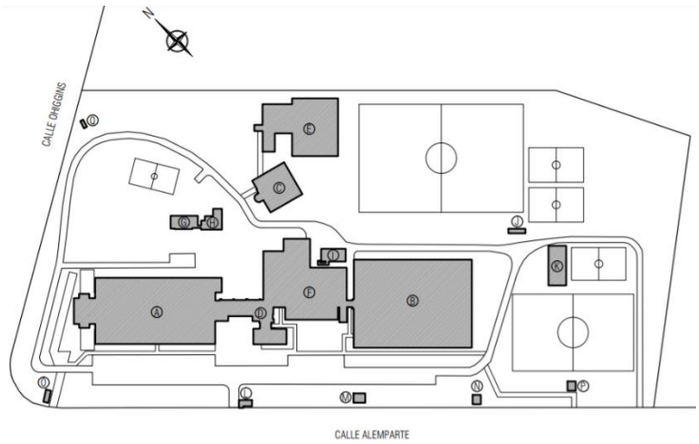


Ilustración 7 Plano de Emplazamiento (Toro Silva, 2018).

Modelos 3D

Los que comprenden modelos arquitectónicos (Edificios C, E, G y H) y de alcantarillado (A, B, C, D, E, G, H, I) de la Sede, realizados en el software Revit de Autodesk. Estos modelos fueron realizados por Alexandra Sanhueza Medina, también ex alumna de la carrera.

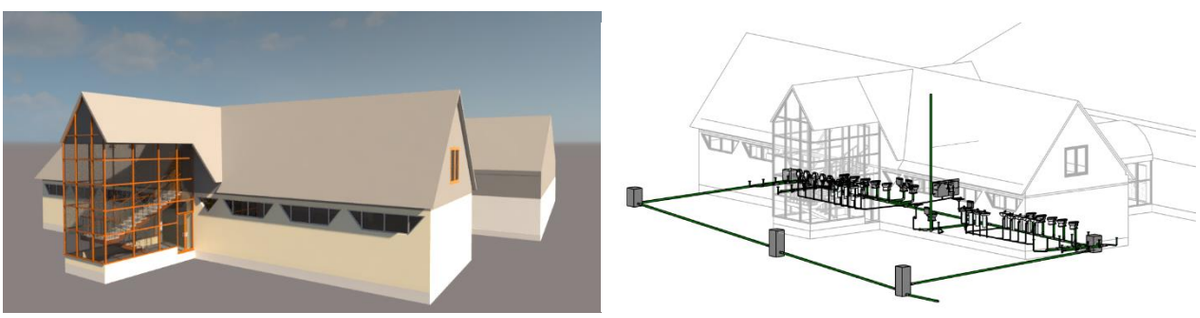


Ilustración 8 Modelo 3D del Gimnasio (Edificio E) en formato .rvt (Sanhueza Medina, 2018).

II.2 HERRAMIENTAS

II.2.1 REVIT (VERSIÓN 2021)

Revit es un programa de diseño de alta gama basado en objetos inteligentes de tres dimensiones que fue lanzado al mercado en el año 2000 revolucionando el modelado BIM. Este software agrupa las disciplinas de arquitectura, ingeniería y construcción en un entorno de modelado unificado para desarrollar proyectos eficientes y rentables (Autodesk, 2021).

Revit, no sólo es uno de los softwares BIM más utilizados alrededor del mundo; a nivel país, según la Encuesta Nacional BIM 2019 (Loyola, 2019), el 78% de usuarios BIM prefieren esta herramienta.

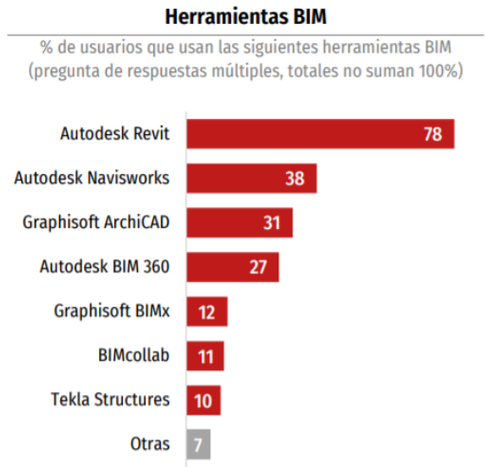


Ilustración 9 Herramientas BIM usadas en Chile (Loyola, 2019)

II.2.1.1 CARACTERÍSTICAS

Diseño arquitectónico y construcción

- Permite crear bocetos y modelos de forma libre, así como estudios de distribución de masas.
- Posee una biblioteca de elementos arquitectónicos que se pueden agregar al modelo de construcción, incluidos paredes, puertas, ventanas y otros componentes.
- Produce visualizaciones fotorrealistas con precisión y rapidez desde el mismo software o con un renderizado en la nube.
- Permite introducir archivos 2D y preparar conjuntos de láminas para fabricantes, subcontratistas u otras partes interesadas del proyecto en el formato que necesiten.
- Entrega detalles de constructibilidad.

Ingeniería estructural y fabricación

- Permite crear un modelo físico para la coordinación y la documentación, y un modelo analítico asociado para análisis estructural.
- Es posible diseñar armaduras en 3D para estructuras de concreto prefabricadas y coladas in situ, y producir documentación de dicho diseño.
- La herramienta Dynamo ofrece a los ingenieros estructurales y diseñadores recursos para construir estructuras con un mínimo de energía y crear sus propias herramientas de diseño.

Ingeniería y fabricación MEP

- Posibilita el diseño de sistemas complejos de ductos y tuberías de climatización, y la extracción de documentación de dicho sistema.
- Permite la modelación de sistemas eléctricos y la producción de documentación. Además del seguimiento a las cargas eléctricas en todo el sistema de distribución.
- Permite crear de sistemas de plomería sanitaria con tuberías en pendiente y extraer documentación del sistema.
- Entrega detalles de fabricación MEP (Autodesk, 2021).

II.2.2 BIM 360 OPS

También propiedad de Autodesk, BIM 360 Ops es una plataforma móvil colaborativa de gestión de instalaciones que *"pone la información de activos y mantenimiento en manos de quienes la necesitan; cuando y donde lo necesiten"* (Autodesk, 2021).

Esta plataforma conecta datos de activos BIM con técnicos en el campo, proporcionándoles mapas de interiores para localizar tareas y activos, y permitiéndoles actualizar la información de los activos de forma inmediata y directa desde sus dispositivos móviles

Aunque es posible utilizar la plataforma desde el navegador de cualquier teléfono inteligente o tableta, la aplicación BIM 360 Ops para iPhone puede brindarles más comodidad a los usuarios y facilitar el uso de herramientas.

II.2.2.1 CARACTERÍSTICAS

Mantenimiento reactivo

- Ante cualquier emergencia, el personal de mantenimiento tendrá información actualizada de los activos a mano.
- Los tableros de control brindan información enfocada y relevante basada en roles para sus técnicos y gerentes.
- Los modelos 3D, archivos PDF, manuales de mantenimiento y otros archivos anexos se pueden ver en teléfonos inteligentes o tabletas en todo momento.
- Permite adjuntar fotos y videos y así guardar un registro más exacto del problema.
- De forma rápida el personal de mantenimiento puede recibir alertas sobre anomalías o fallas en las instalaciones.
- Permite al gestor hacer un seguimiento de las resoluciones de la falla.
- Los técnicos pueden actualizar el estado de la falla y crear nuevas tareas.

Mantenimiento preventivo

- Permite configurar e informar fácilmente sobre el programa de mantenimiento logrando que todos los involucrados tengan un claro conocimiento del programa de mantenimiento.
- Es posible programar el mantenimiento preventivo mediante inspecciones de rutina.
- Permite importar o crear listas de verificación móviles y adjuntar manuales de mantenimiento para impulsar procedimientos basados en estándares.
- Es posible asignar activos y tareas a técnicos u operadores específicos.
- Facilita la supervisión del cumplimiento de los informes, inspecciones y otras tareas (Procad, 2021).

II.3 DESARROLLO MODELO BIM

Como caso de estudio fue elegido el edificio A, que corresponde al sector de Aula Magna. Para el desarrollo del modelo BIM se llevaron a cabo los pasos descritos a continuación:

II.3.1 MANEJO DE PLANIMETRÍA

Se inicia realizando una limpieza de las copias de los planos .dwg del edificio dejando en ellos la menor cantidad posible de información gráfica, lo suficiente para tener una buena base, pero no tanta como para entorpecer el trabajo; y transformándolos posteriormente en bloques para un uso más fácil.

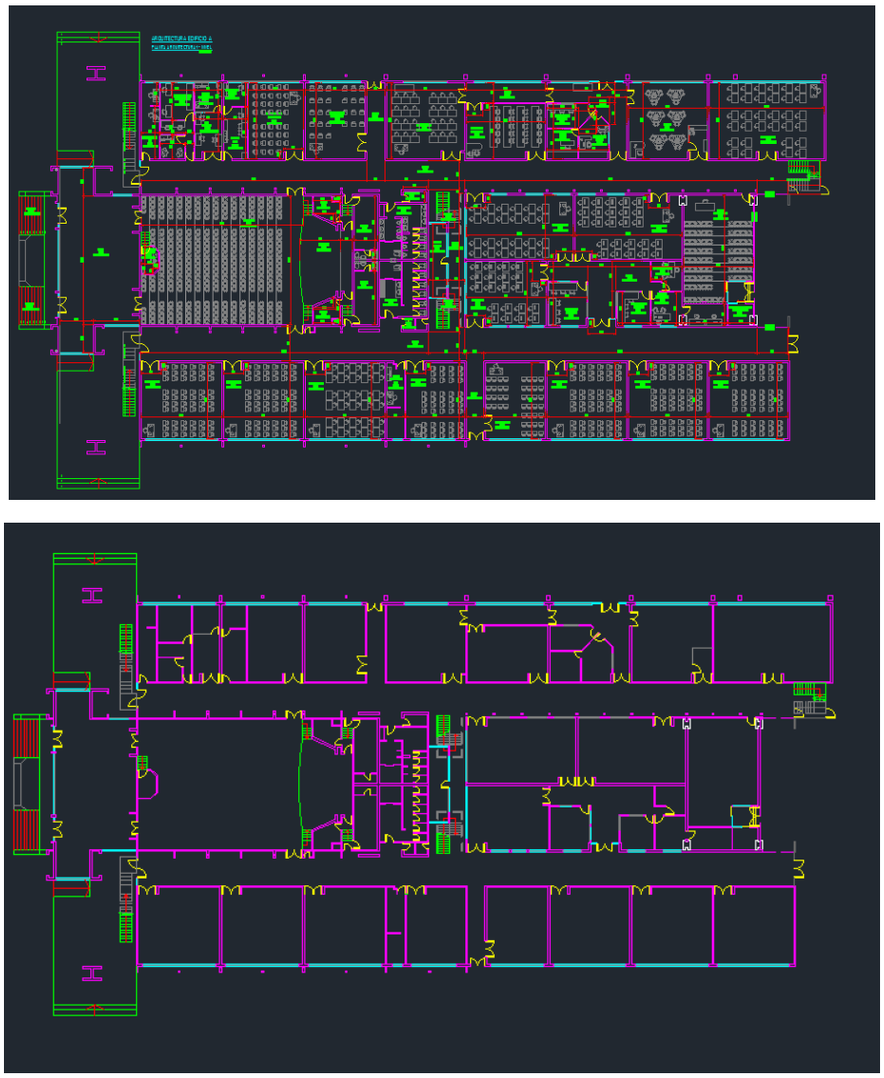


Ilustración 10 Plano original y plano "limpio" de nivel 1 del Edificio A.

Luego de este proceso, el archivo ya está listo para ser importado al software Revit.

II.3.2 MODELACIÓN

Para llevar a cabo la modelación, fue necesario una inspección de las instalaciones, donde se tomaron medidas y fotografías que se usaron como referencia. El resultado de la modelación fue el siguiente:

Ilustración 11 Render del modelo .rvt del Edficio A.

Además, se etiquetó cada recinto (salas de clases, auditorios, laboratorios, pasillos, escaleras y otros) según los planos de Diego Toro Silva, ya que esta información se exportará junto con el modelo y permitirá una mejor gestión de los espacios a mantener.

Finalizado este proceso, se debe unir el modelo de arquitectura y el sanitario, esto debido a que la exportación a BIM 360 Ops no funciona con archivos .rvt vinculados. De esta forma, luego de instaurar un punto base común para ambos modelos, simplemente se copia y pega un modelo dentro del otro.

II.4 IMPLEMENTACIÓN DEL FM

El proceso de mantenimiento que se tuvo como pauta es el expuesto en la guía "Mantenimiento de Instalaciones Sanitarias" (Proyecto conjunto MINEDUC/UNESCO, 1999), creado con el objetivo de fortalecer la función de mantenimiento y mejorar la gestión financiera en la comunidad educativa.

En cuanto a la limpieza general del recinto, se usó la siguiente tabla:

Frecuencia	Recinto			
	Oficinas administrativas	Aulas, laboratorios y talleres	Baños	Pasillos y circulaciones
Diaria	a) Barrer pisos. b) Vaciar papeleras. c)Limpiar polvo, escritorios, mesas y archivadores. d) Desmanchar puertas, divisiones y paredes. e) Reparar rayones en mobiliario. f) Limpiar closets.	a) Barrer pisos. b) Vaciar papeleras. c) Limpiar polvo en escritorios, mesones y sillas. d) Limpiar pizarrones y borradores. e) Desmanchar puertas, divisiones y paredes. f) Reparar rayones en el mobiliario. g) Limpiar closets.	a) Barrer y limpiar pisos. b) Limpiar lavaplatos, espejos, lavamanos, inodoros, urinarios y duchas. c) Rellenar jaboneras y porta-rollos. d)Desmanchar puertas, tabiques divisorios y paredes.	a) Barrer pisos. b) Desmanchar puertas, divisiones y paredes.
Semanal	a) Desempolvar ventanas, repisas y marcos de cuadros. b) Lavar vidrios y marcos por el interior. c) Limpiar con paño húmedo mobiliario y estantes. d) Lavar papeleras.	a) Desempolvar ventanas, repisas y marcos de cuadros. b) Lavar vidrios y marcos por el interior. c) Limpiar con paño húmedo mobiliario y estantes d) Lavar papeleras.	a) Lavar paredes y tabiques divisorios. b) Lavar con productos desinfectantes lavaplatos, inodoros, urinarios, lavamanos y duchas. c) Rociar con insecticida. d) Lavar vidrios y marcos por el interior.	a) Limpiar pisos a máquina. b) Lavar vidrios y marcos por el interior.
Semestral	a) Lavar todas las paredes y pisos. b) Lavar los vidrios por el exterior. c) Limpiar y lavar lámparas.			

Ilustración 12 Tabla de mantenimiento básico de limpieza basada en "Mantenimiento de Instalaciones Sanitarias" (1999).

En relación con las instalaciones sanitarias, se usó el siguiente programa de mantención preventiva:

Frecuencia	Partida	Actividades
Diaria	Baños, incluyendo paredes y pisos.	a) Limpieza y desinfección lavamanos, inodoros, urinarios, duchas con cloro o productos similares.
Semanal	Griferías	a) Revisión y reparación de estanques inodoros. b) Revisión y reparación de llaves de urinarios, duchas, lavamanos. c) Revisión de gomas, flotador y cadena, cambiar si se detectan fallas. d) Revisión de sellos en llaves y cambiar si se detectan filtraciones o goteos.
	Desagües y sifones	a) Revisión y reparación de desagües de lavamanos y duchas. b) Revisión y reparación de sifones de lavamanos. c) Eliminar residuos que tapan desagües (recomendación: agregar filtro en desagüe). d) Destapar sifones. e) Limpiar.
Mensual	Red alcantarillado exterior	a) Revisar cámaras. b) Limpiar y destapar cámaras alcantarillado.
Semestral	Artefactos sanitarios.	a) Reparación griferías. b) Cambio de sellos de goma de todos los artefactos, revisar y reparar asentamientos de sellos.
Anual	Alcantarillado exterior	a) Mantención fosa séptica. b) Mantención pozos negros. c) Mantención de alcantarillado. d) Limpieza fosa séptica, con empresa sanitaria. e) Relleno de pozo si está saturado y reubicación de caseta. f) Limpieza cámaras y varillado de red alcantarillado, con empresa sanitaria.
	Baños	a) Inodoros: Cambiar sellos y asiento válvula, cambiar cadena y flotador, cambiar asiento taza, reapriete artefacto. b) Lavamanos, duchas, urinarios: Cambiar sello y asiento llaves, destapar sifón y desagües, reapriete artefactos.

Ilustración 13 Tabla de conservación y mantenimiento de las instalaciones sanitarias basada en "Mantenimiento de Instalaciones Sanitarias" (1999).

Además de la información expuesta en estas tablas, se utilizó el documento como obra de consulta en etapas posteriores.

II.4.1 EXPORTACIÓN A BIM 360 OPS

Para hacer posible la interoperabilidad de Revit con esta plataforma de Autodesk es necesario descargar un add-in o complemento. Este se encuentra ingresando a la sección "configuración" desde el menú principal.

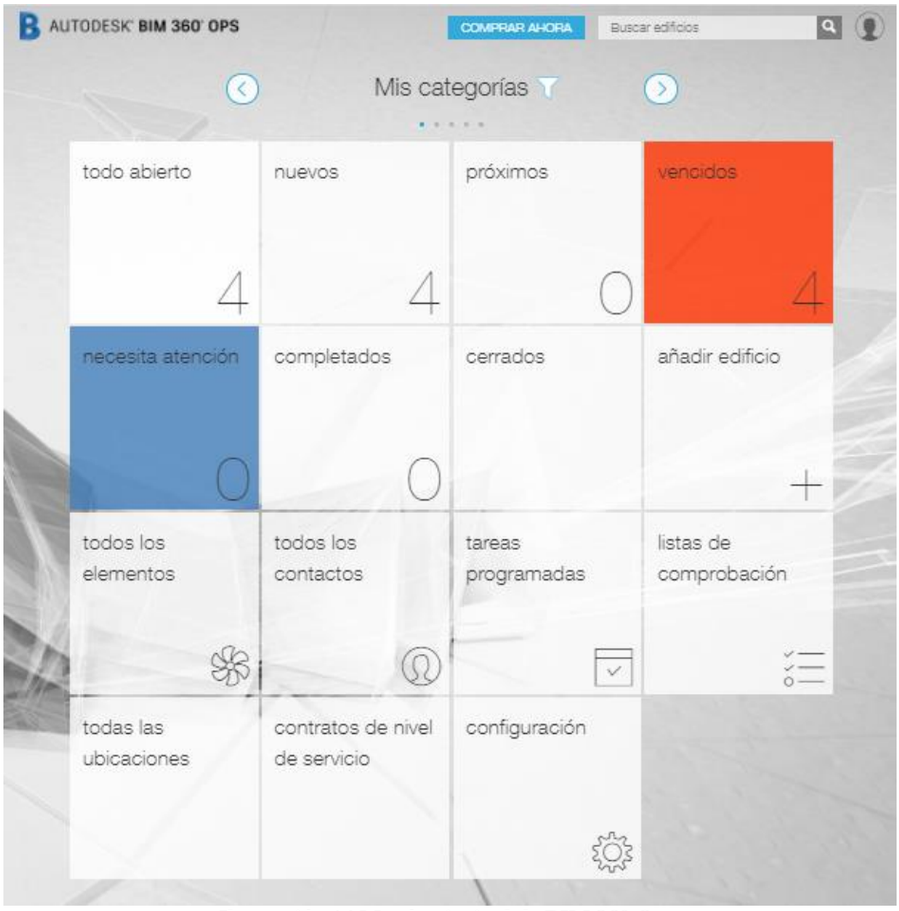


Ilustración 14 Menú principal de BIM 360 Ops.

Ilustración 15 Apartado de "complementos" dentro de la sección "configuración".

Después de ejecutar el archivo descargado, aparecerá la opción de exportar en la barra de herramientas de Revit.

Volviendo a la plataforma BIM 360 Ops, en ella se debe crear un archivo del edificio a gestionar (en la sección "añadir edificio"), donde se registrarán datos como la dirección, el código postal de la ciudad y otros. Creado este archivo, se puede generar el código de exportación.

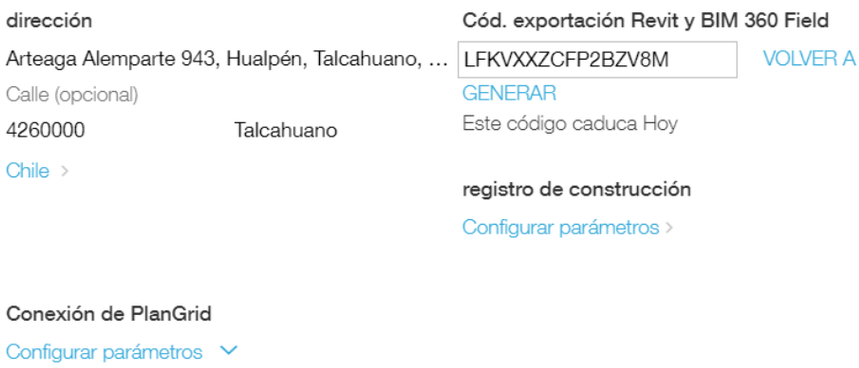


Ilustración 16 Generación de código de exportación.

Dicho código se solicitará al querer efectuar la exportación desde Revit. Una vez ingresado, sólo hay que seleccionar los elementos que se necesiten en la plataforma e iniciar el proceso de exportación. Este método hace posible la interoperabilidad desde cualquier lugar, no es necesario tener acceso al modelo BIM y a la plataforma en el mismo computador, la misma oficina o incluso la misma ciudad.

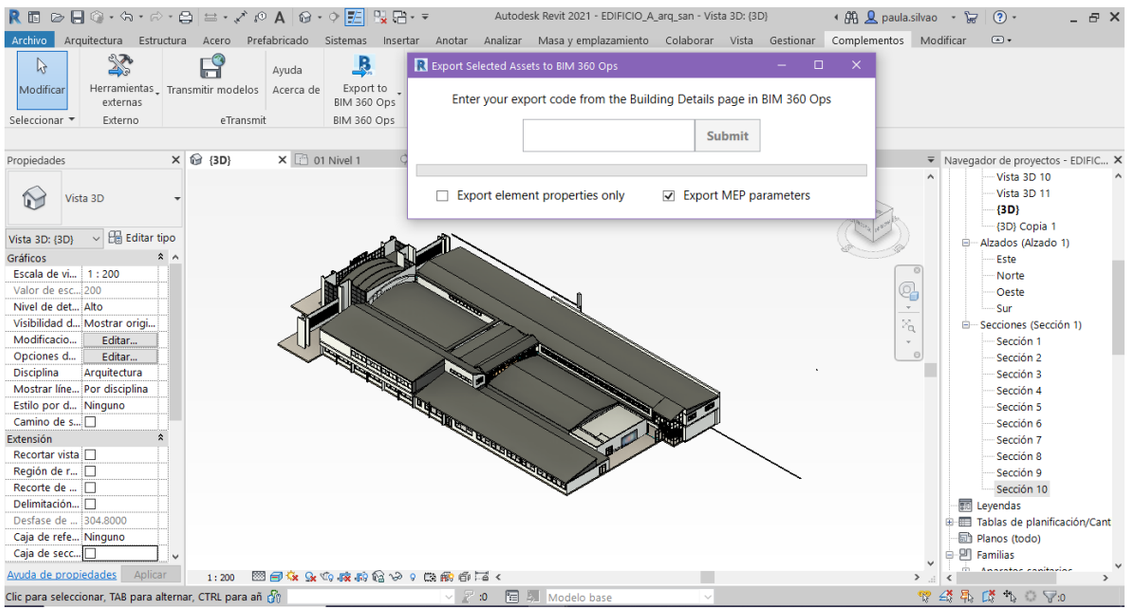


Ilustración 17 Exportación de Revit a BIM 360 Ops.

El proceso de exportación es lento y se corre el riesgo que falle en su curso provocando, por ejemplo, que sólo se envíe información escrita de los elementos impidiendo la visualización 3D de estos, o que derechamente se detenga la exportación. Para evitar estos problemas, es preciso asegurarse de tener una buena conexión a internet y, en caso de estar trabajando con un edificio muy grande, seleccionar sólo los elementos que se consideren más importantes.

Luego de una exportación exitosa, es posible ver las “ubicaciones” dentro del modelo, que corresponde a las habitaciones, las cuales se pueden ordenar según categoría, nombre y otros criterios; y las plantas, que corresponden a los niveles creados en Revit. Como es común al modelar en este software, se crearon niveles que fueron útiles para establecer el límite superior de muros, la ubicación de cielos falsos, entre otras funciones; sin embargo, en esta fase aquellos niveles ya no prestan ninguna utilidad, así que, para no provocar confusión, se pueden ocultar apretando el botón “archivar”.

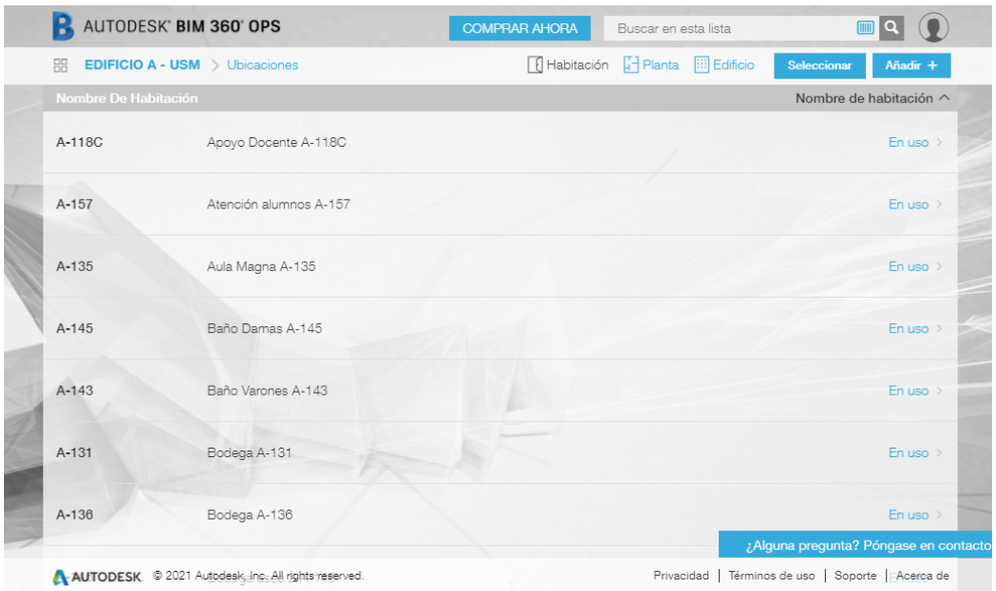


Ilustración 18 Lista de habitaciones.

Ilustración 19 Planta "00 Base", nivel creado en Revit que no será ocupado en el FM.

También, se puede ver la lista de elementos dentro del modelo y clasificarlos según distintos criterios. Al pinchar en cada elemento se nos permite añadir información como: fabricante, modelo, número de serie, fecha de caducidad de la garantía y detalles sobre la instalación del objeto, además del contenido multimedia indicado en ítems anteriores (código de barras, código QR, fotos, manuales, etc.). Es importante señalar que, de forma instantánea, los objetos se vinculan a las habitaciones a las cuales pertenecen, lo que permite un manejo más fluido de la plataforma.

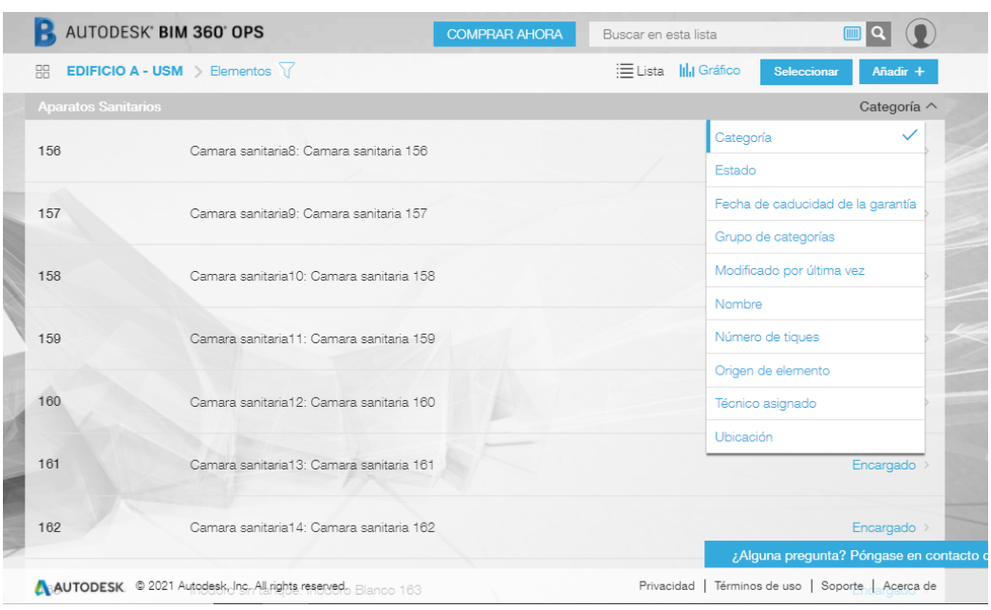


Ilustración 20 Lista de elementos recién importados.

Cada elemento permite el acceso al modelo 3D de las instalaciones, aunque al ingresar a él se muestra inmediatamente el elemento en cuestión, no es una vista estática, sino que permite el desplazamiento mediante las herramientas órbita, encuadre, primera persona y el navegador del modelo.

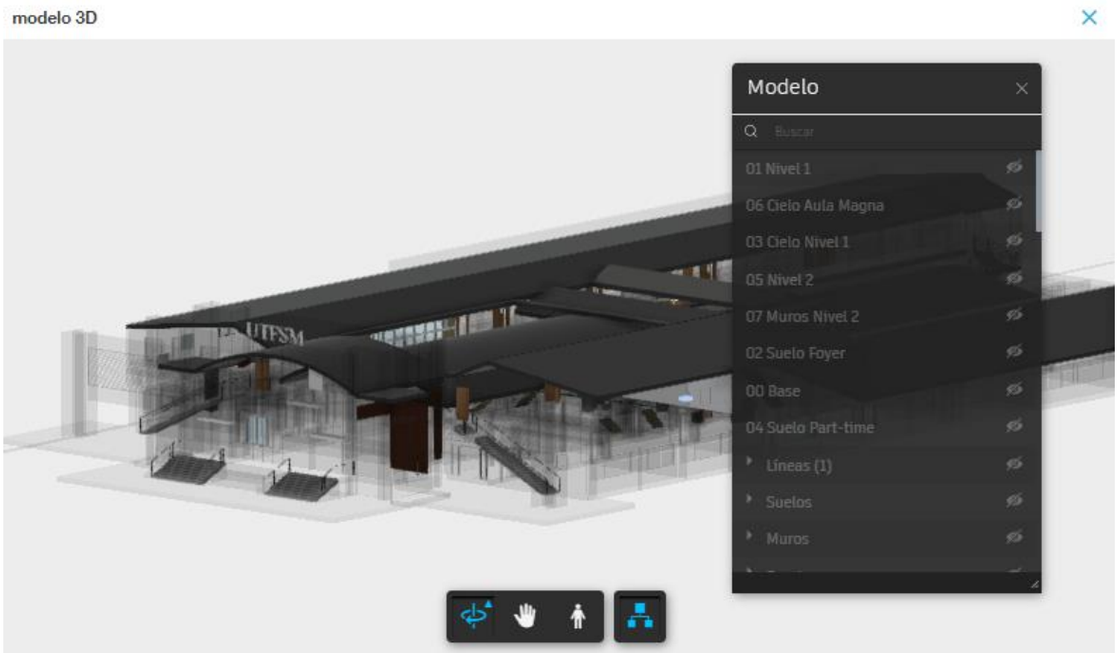


Ilustración 21 Vista del modelo 3D en BIM 360 Ops.

Cabe destacar que la plataforma le asigna un código a cada habitación y elemento por defecto, el cual es modificable al igual que el nombre original del elemento en Revit. Así, si un objeto llega a BIM 360 Ops con el nombre: “Lavabo mueble, solo agua fria : 535 mm x 485 mm - Privado 182”, fácilmente se le puede asignar uno más simple como: “Lavabo 1 - Baño Damas A-145” junto con el código: “L1_A-145”. En el caso de las habitaciones, se les designarán el mismo código fijado en la planimetría tomada como base para el desarrollo de este trabajo.

II.4.2 CARGA DE DATOS

En la sección “planos”, se añadió la planimetría de ambos niveles del Edificio A, junto con el plano de emplazamiento de la sede y un vínculo web a la página oficial de la Universidad.

Ilustración 22 Datos incluidos en la sección "planos"

En la sección “contactos”, se crearon personajes a los cuales se les designarán las tareas de mantención. Cada contacto tendrá una ficha que se debe rellenar con los datos que muestra la Ilustración 23.

Ilustración 23 Ejemplo de ficha de contacto.

Referente a las instalaciones sanitarias, en las fichas de los lavabos se incluyeron las recomendaciones de mantenimiento específico para griferías, localizadas en las páginas 20 y 21 del manual mencionado anteriormente. A la ficha de los inodoros con estanque se agregaron las recomendaciones específicas concernientes a ellos (páginas 22-25), y a todos los inodoros se les otorgó una fecha ficticia de instalación y de caducidad, las cuales tienen una diferencia de 8 años. Finalmente, en el caso de los sifones, se añadieron las recomendaciones específicas para tuberías (página 18 y 19), junto con fechas de instalación y caducidad, las cuales tienen una diferencia de 2 años.

II.4.3 CREACIÓN DE TAREAS Y PROGRAMAS DE MANTENIMIENTO

Si bien se pueden crear tareas sin listas de comprobación o programas de mantenimiento, en este caso de estudio se usarán en conjunto.

Las listas de comprobación se crean en el menú principal de la plataforma y para esto basta con añadir una breve descripción y una serie de pasos a seguir como se muestra en la Ilustración 24.

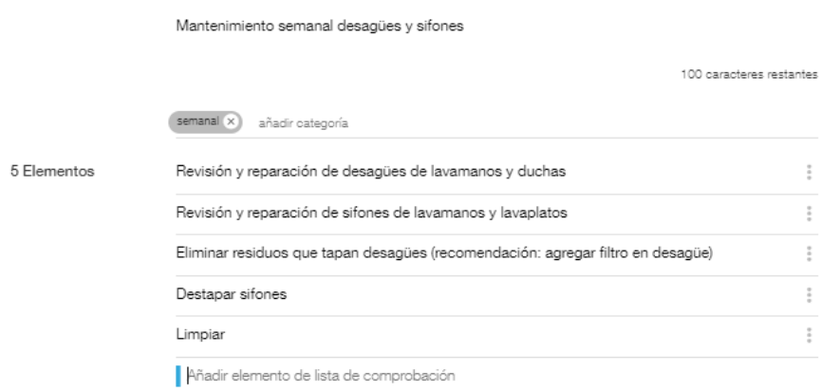


Ilustración 24 Ejemplo de programa de mantención basado en la tabla de la Ilustración 13

Luego de esto, es necesario volver al archivo del edificio para programar una tarea, a la cual se determina su prioridad, la frecuencia de repetición y la anticipación con la que se creará un aviso o tique. También se vincula con la lista de comprobación creada anteriormente y con objetos relacionados, en este caso, con duchas y sifones.

Ilustración 25 Ejemplo de ficha de una tarea

Posterior a la creación de la tarea, se puede programar inmediatamente su realización respecto a cada elemento seleccionado especificando la fecha y la persona asignada.

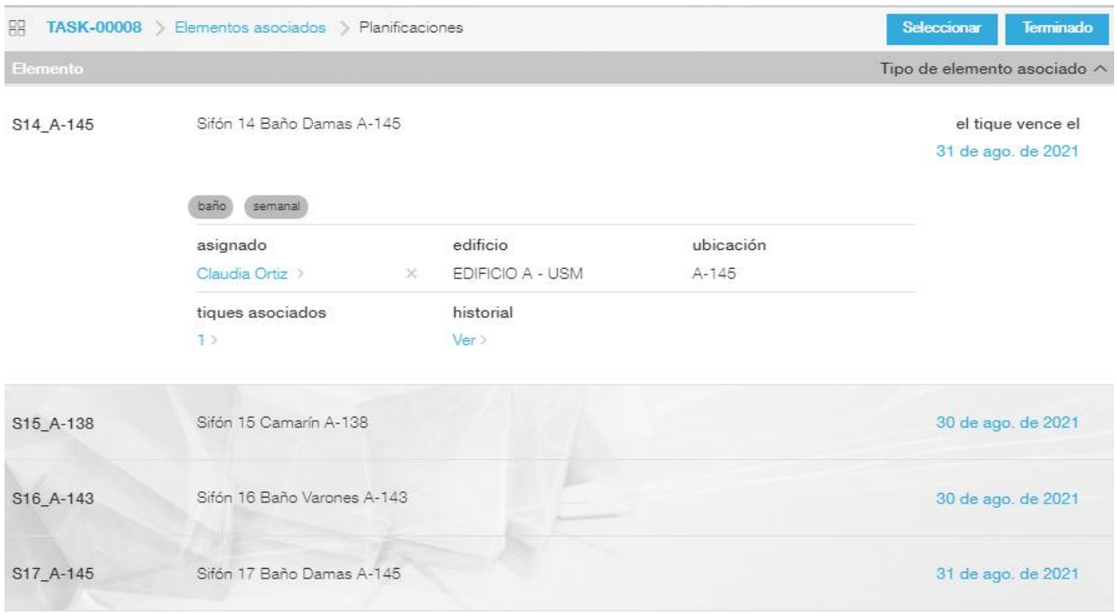


Ilustración 26 Detalle de tarea programada

II.4.4 USO REMOTO

Cada contacto ingresado a la plataforma recibe un enlace de acceso al archivo del edificio. Allí puede ver la planimetría cargada en el archivo, el modelo 3D, los tiques asignados, contactos relacionados, entre otras cosas.

Siguiendo con el ejemplo anterior, el contacto recibirá la notificación de su nueva tarea mediante correo o mensaje de texto, según la configuración que se elija. Al ingresar a la ficha de la tarea podrá ver los detalles registrados por quien la creó y tendrá la opción de rellenar la lista de comprobación conforme vaya realizando los pasos descritos, lo que se irá reflejando en el porcentaje de cumplimiento.

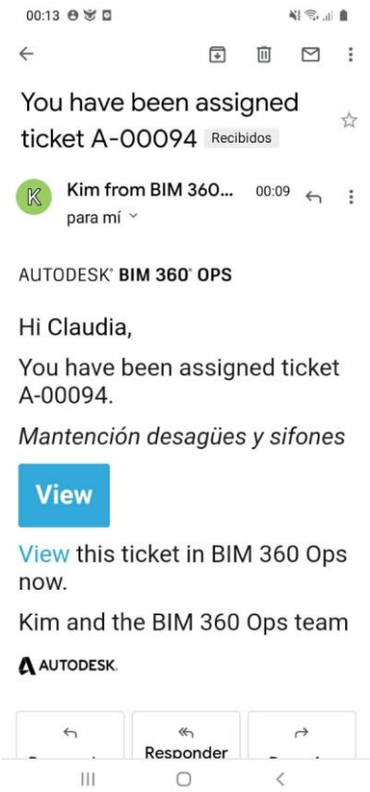


Ilustración 27 Notificación de tarea mediante correo electrónico.

Ilustración 28 Ficha de la tarea desde un celular.

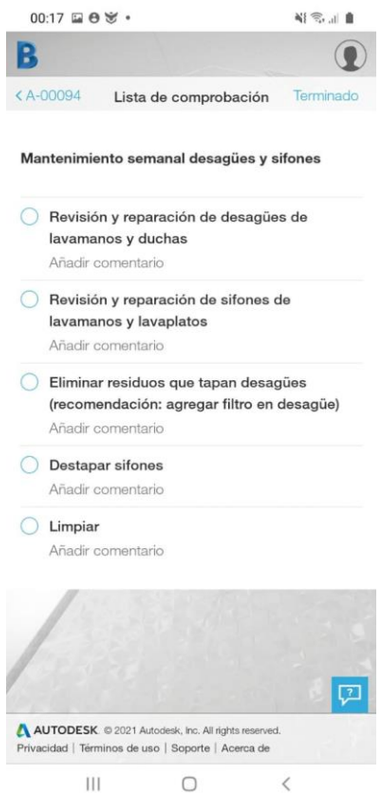


Ilustración 29 Lista de comprobación vinculada a la tarea.

De forma remota también es posible crear tareas y tiques. Continuando con el caso hipotético expuesto anteriormente, si durante el proceso de mantención el técnico nota o causa un problema, por ejemplo, con la electricidad de la habitación, signifique este un impedimento para la realización de su trabajo o no, creará un tique dando el aviso a quien administra el edificio. Esta persona será notificada y, desde su oficina, podrá ver los detalles del tique creado y asignarlo a quien pueda solucionarlo. Siguiendo la lógica anterior, esta persona recibirá una notificación enseguida informando del problema en cuestión y seguirá el conducto regular para su solución.

Ilustración 30 Creación de tique desde un celular.

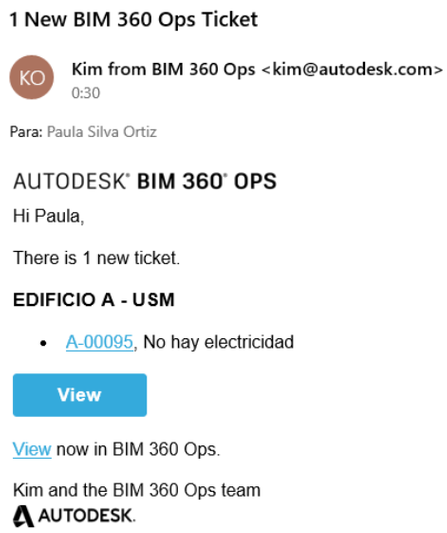


Ilustración 31 Notificación de un nuevo tique.

Ilustración 32 Detalle de tique y asignación de encargado.

II.4.5 EXTRACCIÓN DE INFORMACIÓN

Con la información que ha sido cargada y las tareas programadas, es posible generar gráficos y listas que se pueden descargar en distintos formatos.

Seleccionando los elementos con el nombre “Sifón”, la clasificación “Fecha de caducidad de la garantía” y determinando un intervalo mensual, se crea el gráfico correspondiente a la Ilustración 33, el que permite deducir que hay 12 elementos que probablemente fallarán.

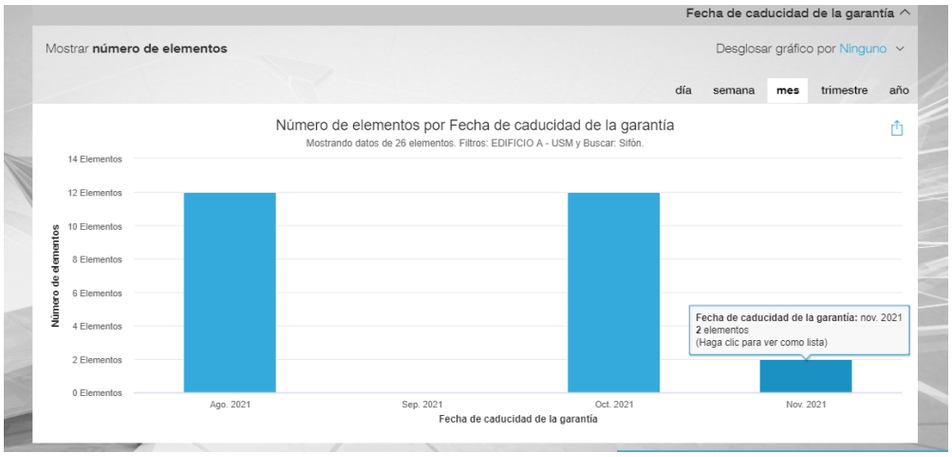


Ilustración 33 Gráfico de sifones según su fecha de caducidad.

Llevando a cabo el mismo proceso anterior, pero esta vez con los elementos con el nombre “Inodoro”, se crea un gráfico que permite deducir que hay 4 inodoros a los que se debería prestar especial atención.

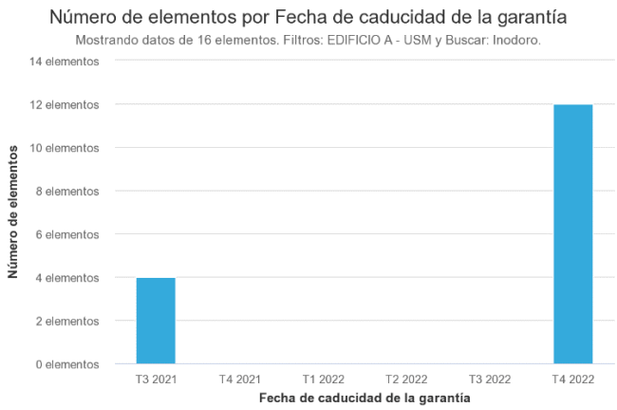


Ilustración 34 Gráfico de inodoros y su fecha de caducidad ordenados en trimestres.

Respecto a las tareas programadas, se generó un gráfico que permite ver su distribución en su asignación a cada empleado, con el que se podrá estudiar la carga de trabajo de cada trabajador y su disponibilidad para realizar las tareas asignadas.

Ilustración 35 Gráfico de distribución de tiques.

Cabe destacar que, al seleccionar una determinada barra del gráfico, la plataforma mostrará una lista de los elementos o tareas de interés junto con sus detalles. Además, BIM 360 Ops da la opción de descargar estos gráficos en formato CSV, PNG o PDF.

Además, es posible exportar documentos .XLS relacionados con la programación de tareas, en los cuales se indican una serie de detalles útiles para quien gestiona. Por ejemplo, las tareas de repetición diaria y semestrales de una trabajadora llamada Catalina Matamala, se expresarían de una forma similar a la siguiente:

Nombre de la tarea	Descripción	Repetición	Prioridad	Nombre de la lista de comprobación	Nombre del ítem asociado	Descripción del ítem asociado	Tipo del ítem asociado	Asignada a:	Fecha de tique
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	1 día	Baja	Limpieza 1	A-109 B	Oficina Red Ex-Alumnos A-109 B	Habitación	Catalina Matamala	01-09-21
					A-158	Oficina de instructores A-158			
					A-208	Profesores Part-time A-208			
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	1 semana	Baja	Limpieza 2	A-115	Laboratorio de computación A-115	Habitación	Catalina Matamala	08-09-21
					A-119	Laboratorio CAE A-119			
					A-154	Laboratorio memoristas A-154			
					A-230	Laboratorio microcontroladores A-230			
TASK-00005	Limpieza semestral nivel 1	Por temporada	Media	Limpieza semestral	Nivel 1	Nivel 1	Planta	Catalina Matamala	08-12-21

Ilustración 36 Tabla basada en documento .XLS exportado desde BIM 360 Ops.

La tabla original se encuentra anexa y esta incluye los criterios de clasificación de cada tarea, el nombre del edificio y otros datos.

III ASPECTOS FINALES

III.1 PROPUESTA

Luego del trabajo desarrollado se sugiere la siguiente metodología de aplicación de la interoperabilidad estudiada:

- **Recolección y orden de la información de la que ya se dispone**, lo que incluye inventarios de los activos de una instalación, antecedentes de la mantención de dichos activos, datos sobre el edificio a gestionar y planos y modelos BIM de las distintas especialidades o sistemas que integren la instalación.
- **Evaluación de la pertinencia y suficiencia de los datos reunidos**, que, dependiendo del resultado, derivaría en tres acciones:
    1) Actualizar la información que se encuentre obsoleta. Por ejemplo, en el caso que la cantidad de un activo en particular haya aumentado, o si el diseño de las plantas del edificio sufrió alguna modificación recientemente.
    2) Complementar la información ya existente. Esto cuando un inventario esté incompleto o cuando falte información clave en la planimetría o los modelos BIM con los que cuenta el edificio.
    3) En caso de que derechamente no se disponga de la información necesaria para aplicar las disciplinas BIM y FM, no queda otra opción que elaborarla desde cero mediante el desarrollo de inventarios, programas de mantenimiento, planos, modelos BIM, entre otras cosas.
- **Determinar herramientas** para manejo del modelo BIM y aplicación del FM. Al investigar las principales funciones de cada herramienta y explorar la interoperabilidad entre los distintos softwares existentes hoy en día se logrará elegir las herramientas adecuadas según el tipo de edificio, su magnitud y otros criterios.
- **Aplicar FM**, lo que implicaría hacer uso de las herramientas seleccionadas aprovechándolas al máximo, agregando la información que se estime necesaria, con el compromiso de actualizarla regularmente, y asignando tareas que estén en armonía con los manuales o programas de mantención que se hayan reunido y evaluado.

  Durante esta última etapa es importante además la comunicación con todos los involucrados en la mantención del edificio, informándoles sobre la nueva metodología, enseñándoles a usar las herramientas elegidas y capacitándolos para realizar un trabajo estandarizado. Cabe destacar que la comunicación va hacia ambos sentidos, el recibir una retroalimentación detallada es vital, ya que sólo de esta forma se sabrá si da resultado el proceso llevado a cabo o si es necesario hacer un cambio en alguno de los pasos anteriores, tal vez las herramientas no fueron bien elegidas, o falta información que al comienzo no se creía relevante. Es por esto que, antes de cualquier reforma drástica, es preferible empezar con un plan piloto.

La metodología expuesta se puede resumen en la siguiente hoja de ruta:

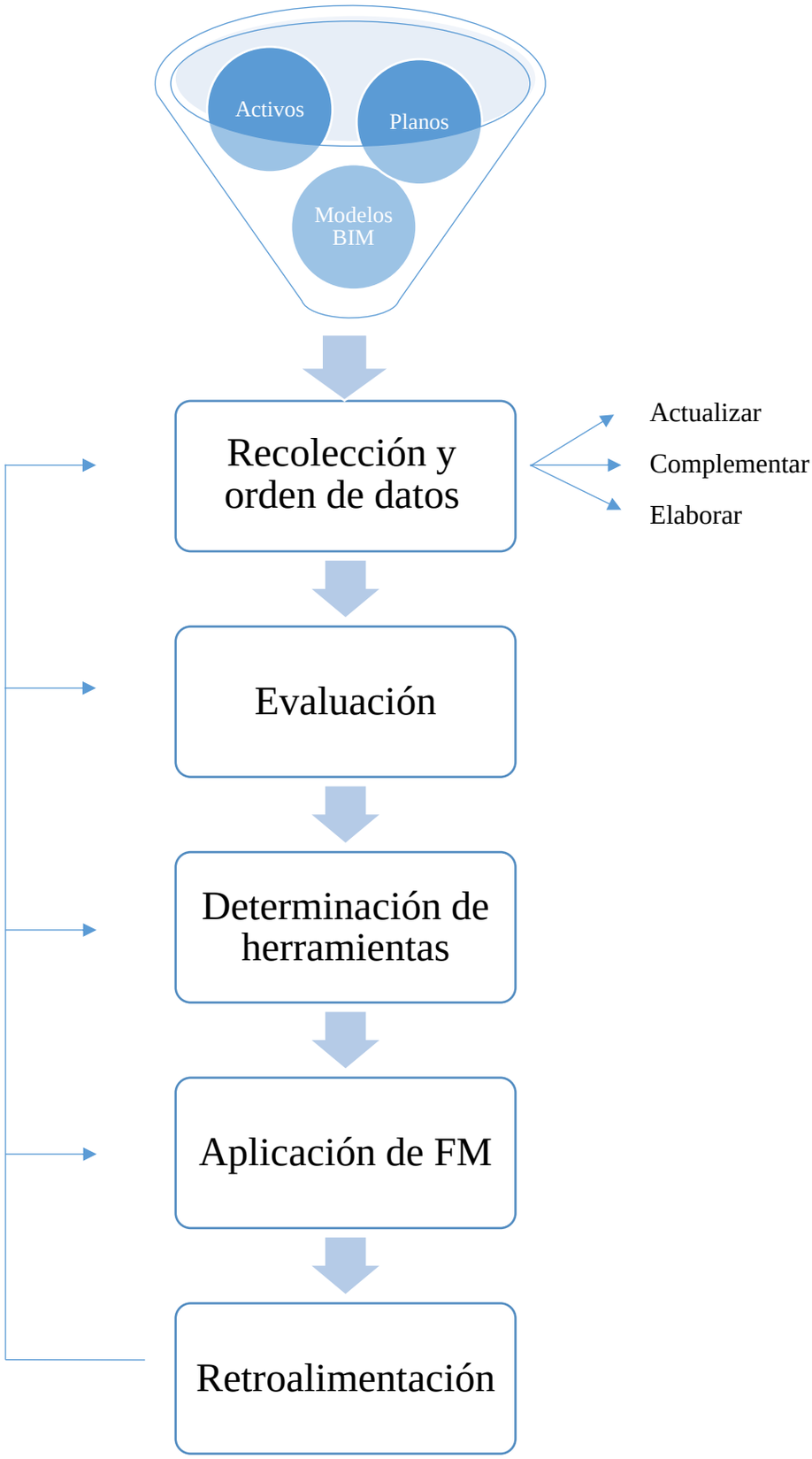


Ilustración 37 Diagrama resumen de metodología propuesta.

III.2 CONCLUSIONES

La avanzada tecnología con la que se cuenta en la actualidad ofrece una amplia gama de disciplinas aplicables a todo tipo de industrias. Entre las que destacan en el área AEC hay dos que fueron analizadas en el presente Trabajo de Título: el Building Information Modeling y el Facility Management. Ambas son muy versátiles y se potencian cuando son combinadas, tal como se evidenció en la investigación realizada y en el estudio de casos donde la aplicación de su interoperabilidad fue exitosa.

Esto también se quiso demostrar mediante la práctica, es por eso que se eligió como caso de estudio el Edificio A de la UTFSM, Sede Concepción, del cual se realizó una modelación 3D en el software Revit para posteriormente aplicar FM a través de la plataforma BIM 360 Ops de Autodesk. Probando así que la interoperabilidad BIM-FM permite tener un repositorio de datos, tanto escritos como geométricos al alcance de todos los involucrados en el proceso de mantención en el momento y el lugar en que lo requieran, evitando, de esta forma, demoras en procesos de gestión y toma de decisiones.

Después, se propuso un método de incorporación del Facility Management junto con una hoja de ruta con el fin de establecer una guía en caso de implementar esta interoperabilidad en las instalaciones de la UTFSM, Sede Concepción. Asimismo, los resultados de este Trabajo pueden ser utilizados como marco para la aplicación de las disciplinas BIM-FM en instalaciones de naturaleza similar al Edificio que se utilizó como ejemplo.

III.3 RECOMENDACIONES

- Se recomienda continuar con la modelación de los edificios de la UTFSM, sede Concepción ya que esto representaría un bien virtual de gran valor para la comunidad universitaria.
- Se recomienda profundizar en las bondades de aplicar la plataforma BIM 360 Ops para el FM, aprovechando su capacidad de vincularse con sensores instalados en los activos.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

Albarello Forero, A., Gutiérrez-Bucheli, L. A., & Ponz-Tienda, J. L. (Marzo de 2019). BIM PARA EL MANTENIMIENTO: MÁS PLANEACIÓN MENOS SOBRECOSTOS. *Journal of BIM and Construction Management*, págs. 1-15.

Autodesk. (22 de Mayo de 2021). *autodesk.com*. Obtenido de https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim

Autodesk. (9 de Agosto de 2021). *autodesk.com*. Obtenido de AUTODESK BIM 360 OPS: https://www.autodesk.com/bim-360/facilities-management-software/

Autodesk. (8 de Agosto de 2021). *latinoamerica.autodesk.com*. Obtenido de https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit/overview

Aziz, N. D., Nawawi, A. H., & Ariff, N. R. (2016). *ICT Evolution in Facilities Management (FM): Building Information Modelling (BIM) as the Latest Technology*. Medan: ELSEVIER.

CORFO. (2019). *Estándar BIM para proyectos públicos.* Santiago, Chile: Equipo Planbim.

Dave, B., Buda, A., & Främling, A. N. (2018). *A framework for integrating BIM and IoT through open standards.* ELSEVIER.

Facility Latam. (3 de Junio de 2021). *Facility Latam*. Obtenido de ¿Qué es el FACILITY MANAGEMENT?: https://facilitylatam.com/definicion-de-facility-management/

Facility Latam. (4 de Junio de 2021). *Facility Latam*. Obtenido de ¿Cuál es la relación entre el BIM y el Facility Management?: https://facilitylatam.com/cual-es-la-relacion-entre-bim-y-facility-management/

FMHOUSE. (Marzo de 2015). *FMHOUSE*. Obtenido de Herramientas de Gestión en Facility Management: https://www.fm-house.com/herramientas-de-gestion-en-facility-management-2/

García Garrido, S. (2003). *Organización y gestión integral de mantenimiento.* Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A.

García, R. e. (1997). Metodología de digitalización de planos por computador para la administración de infraestructura corporativa. *Tecnología y construcción*, 27-34.

Guillen, A., Crespo, A., Gómez, J., González-Prida, V., Kobbacy, K., & Shariff, S. (2016). *Building Information Modeling as Assest Management Tool.* Elsevier.

INN. (27 de Abril de 2021). *Instituto Nacional de Normalización*. Obtenido de Gestión de las Instalaciones: https://www.inn.cl/node/2817

Institute of Workplace and Facilities Management. (22 de Junio de 2021). *IWFM*. Obtenido de Glossary: https://www.iwfm.org.uk/about/glossary.html#I

International Facility Management Association. (20 de Mayo de 2021). *ifma.org*. Obtenido de https://www.ifma.org/about/what-is-facility-management

International Organization for Standardization. (20 de Mayo de 2021). *ISO 41011:2017(en) Facility management — Vocabulary*. Obtenido de https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:41011:ed-1:v1:en

Kelly, M. (23 de 12 de 2020). *AkitaBox*. Obtenido de 5 TYPES OF BUILDING MANAGEMENT SOFTWARE (AND WHICH ONE YOU SHOULD USE): https://home.akitabox.com/blog/building-management-softwaretypes

Loyola, M. (2019). *Encuesta Nacional BIM 2019: Informe de resultados.* Santiago: Universidad de Chile.

Lu, Q., Xie, X., Parlikad, A., Schooling, J., & Konstantinou, E. (2020). *Moving from building information models to digital twins for operation and maintenance.* ICE Publishing.

Marmo, R., Nicolella, M., Polverino, F., & Tibaut, A. (8 de Diciembre de 2019). A Methodology for a Performance Information Model. *Sustainability (ISSN 2071-1050; CODEN: SUSTDE)*.

Márquez Artola, F. (2015). *Evaluación de la Gestión de activos a partir de la ISO 55 000. Consideraciones teóricas.* Santa Clara.

Mirarchi, C., Pavan, A., & De Marco, F. (16 de Mayo de 2018). Supporting Facility Management Processes through End-Users' Integration and Coordinated BIM-GIS Technologies. *International Journal of Geo-information*, págs. 1-20.

Muñoz, R., Arcos, A., & Alberti, M. (2020). *BIM-Based Educational and Facility Management of Large University Venues.* MDPI.

Naghshbandi, S. N. (25 de December de 2016). BIM for Facility Management: Challenges and Research Gaps. *Civil Engineering Journal*, págs. 679-684.

National Institute of Building Sciences. (2015). *National BIM Standard-United States.*

Norberto Ortiz, L. (17 de Enero de 2011). *Slideshare.* Obtenido de Facility Management herramientas de gestión: https://www.slideshare.net/nortizleon/facility-management-herramientas-de-gestin

Olarte C., W., Botero A., M., & Cañón A., B. (2010). Importancia del Mantenimiento Industrial dentro de los procesos de los procesos de producción. *Scientia et Technica*, 354-356.

Oxford University Press. (22 de Junio de 2021). *Oxford Learner's Dictionaries*. Obtenido de Oxford University Press: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/internet-of-things

Paparella, R., & Zanchetta, C. (2019). *BIM & Digitalizzazione del Patrimonio Immobiliare.* Bologna: Società Editrice Esculapio s.r.l.

PMM Institute For Learning. (31 de Mayo de 2021). *pmmlearning.* Obtenido de https://www.pmmlearning.com/

Procad. (8 de agosto de 2021). *procad.ie*. Obtenido de BIM 360 Ops: https://www.procad.ie/bim-360-ops/

Proyecto conjunto MINEDUC/UNESCO. (1999). *Mantenimiento de Instalaciones Sanitarias.* Santiago: UNESCO.

Wen, J. T., & Mishra, S. (2018). *Intelligent Building Control Systems: A Survey of Modern Building Control and Sensing Strategies.* Cham, Switzerland: Springer International Publishing.

IV ANEXOS

Recomendaciones de mantenimiento específico (Proyecto conjunto MINEDUC/UNESCO, 1999).

- Para griferías:

MANTENIMIENTO DE
Instalaciones Sanitarias

FIG. 2

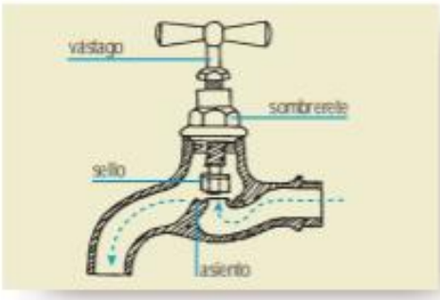


FIG. 3

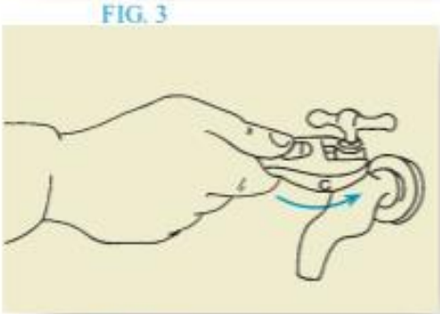


FIG. 4

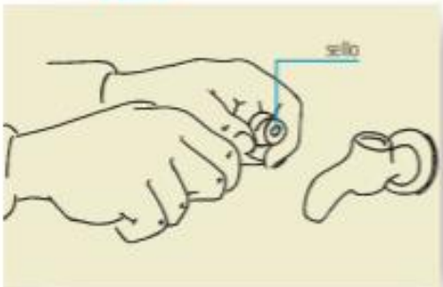


FIG. 5

2. GRIFERÍA

Por grifería se entiende las llaves de agua asociadas a artefactos sanitarios tales como lavamanos, lavaplatos y duchas, así como a redes de agua a modo de llaves de paso y llaves de jardín.

Problemas que puede presentar la grifería:

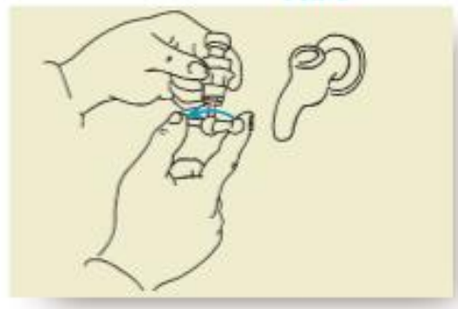
1) La llave no cierra (hay goteo)

Solución:

Cambiar el sello de goma (o suela) de acuerdo al siguiente procedimiento: [Fig. 2]

a) Cortar el paso del agua de la línea de suministro
b) Aflojar el sombrerete con el uso de una llave inglesa [Fig. 3]
c) Sacar el vástago y remover el sello gastado [Fig. 4]
d) Colocar un sello de goma nuevo [Fig. 5]
e) Desenroscar el vástago para no dañar el sello al montar la válvula [Fig. 6]
f) Montar el vástago y enroscar el sombrerete [Fig. 7]
g) Apretar con la llave inglesa

FIG 6



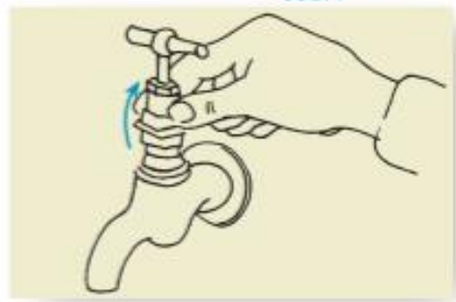
2) Ruido en la llave

Solución:

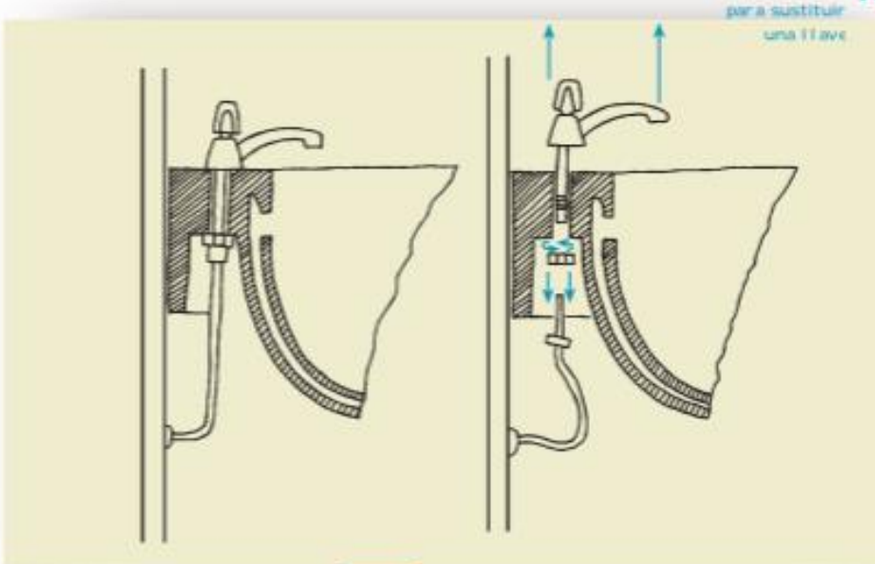
Siguiendo el procedimiento descrito en el punto anterior, si la causa son daños en el vástago, cambiar el elemento por uno nuevo. Si no se consigue repuesto, sustituir la llave completa, procediendo de la siguiente manera:

a) Cerrar el paso de agua
b) Con la llave inglesa, aflojar las tuercas que fijan la llave al artefacto sanitario y a la línea de suministro. [Fig.8]
c) Quitar el grifo dañado
d) Siguiendo el proceso inverso, colocar la pieza nueva

FIG. 7



procedimiento para sustituir una llave FIG. 8



- Para inodoros con estanque:

FIG. 9

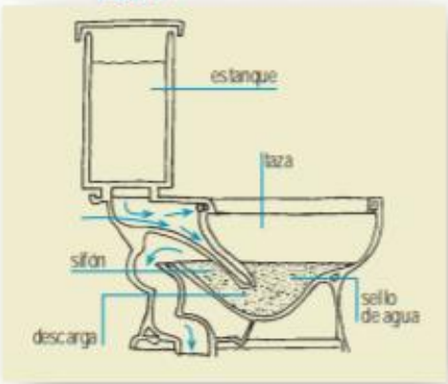


FIG. 10

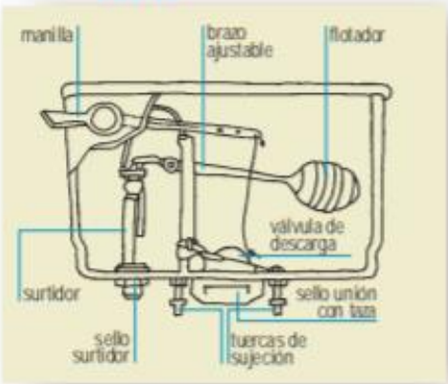
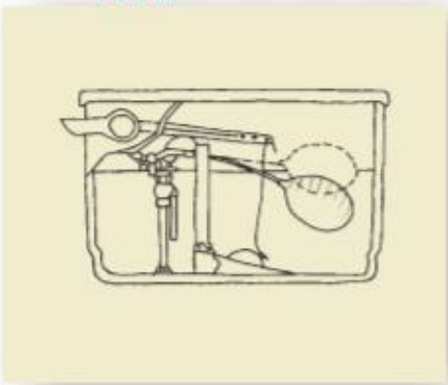


FIG. 11



3. INODORO CON ESTANQUE

Problemas que puede presentar el inodoro con estanque:
[Fig. 9] y [Fig. 10]

Problemas del surtidor:

1) El estanque no se llena.

Solución:

a) Verificar la presión del agua en el manómetro de la bomba hidroneumática. Si se detecta una presión menor a la recomendada por la empresa instaladora, llamar al técnico para que revise y ajuste el sistema.

b) Revisar que no haya elementos que eviten el libre movimiento del brazo del surtidor.

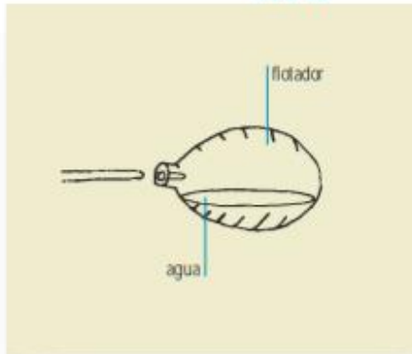
- Si es del tipo regulable, ajustarlo. [Fig. 11]
- Si lo anterior no resulta, o si el surtidor no es del tipo regulable, cambiarlo.

2) El flotador no sube, o se traba:

Solución:

a) Revisar el estado del flotador y sustituir en caso de detectar agua en su interior, grietas o defecto del material. [Fig. 12]
b) Verificar que el flotador no tropiece con algún elemento o con las paredes del estanque.
c) Si el flotador tropieza con algo, doblar ligeramente el brazo que lo sujeta.
d) Si el flotador no tropieza con nada, limpiar y lubricar el surtidor. [Fig. 13]

FIG. 12

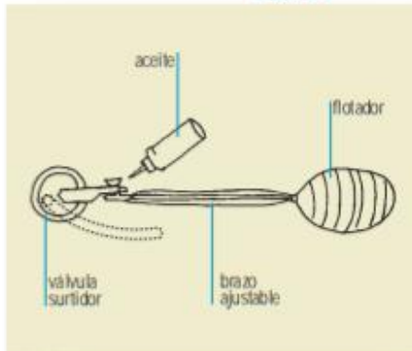


3) El surtidor no cierra:

Solución:

a) Doblar ligeramente hacia abajo el brazo que sujeta el flotador, de modo de aumentar la presión del sello sobre el asiento de la válvula.
b) Cambiar el sello.

FIG. 13



Problema de la válvula de descarga:

1) La válvula no cierra:

Solución:

a) Revisar el estado de la válvula y sustituir en caso de ser necesario.
b) Si la válvula no es de goma sino de plástico con sello de caucho, cambiar el sello o la válvula completa.
c) Si la válvula es metálica, revisar las guías para ver si están desalineadas, y si es necesario, acomodarlas.

2) La válvula queda suspendida:

Solución:

a) Cuando la válvula de descarga es metálica, limpiar las guías y si no mejora el funcionamiento, cambiarlas.
b) Cuando la válvula de descarga es de plástico, revisarla y cambiar si se detecta algún defecto.
c) Revisar la manilla de accionamiento y cambiar si se observa que se traba.

Problema del estanque:

1) Se pierde agua por la base del surtidor:

Solución:

a) Apretar la tuerca que sujeta el surtidor al estanque.
b) Si la tuerca no está floja, cambiar el sello.

2) El estanque pierde agua por la unión con la taza:

Solución:

a) Apretar las tuercas de sujeción.
b) Si esto no da resultado, cambiar el sello.

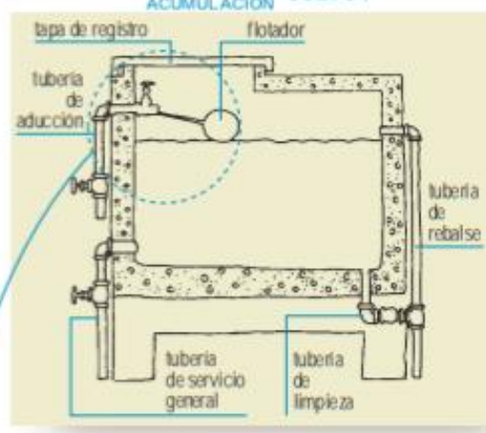
Problema de la taza:

1) La taza no se limpia bien, o no se produce el vaciado

Solución:

a) Revisar el nivel de agua en el estanque y ajustar si está muy bajo. Si el problema persiste, destapar la descarga, presionando repetidas veces sobre el fondo con un sopapo de goma.

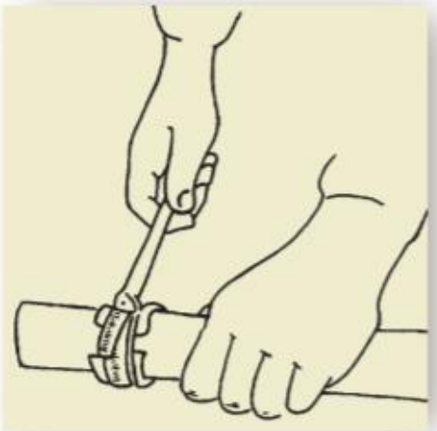
ESTANQUE ACUMULACION FIG. 14

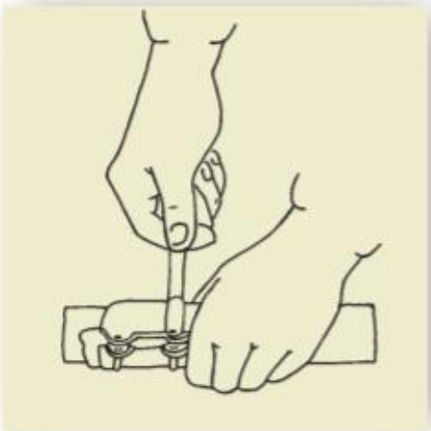


- Para tuberías:

Mantenimiento Específico de Instalaciones Sanitarias

FIG. 1





Hay situaciones que pueden ser diagnosticadas y eventualmente abordadas por personal del establecimientos con un cierto grado de capacitación, las cuales se detallan en esta cartilla de mantenimiento específico:

1. TUBERIAS

Las tuberías son los elementos que se encargan de la conducción de los fluidos.

Problemas que se pueden presentar en el sistema tuberías:

1) Las tuberías están perforadas.

Solución:

a) Si la perforación es pequeña, cubrir con una tira de caucho y presionar con una abrazadera. [Fig. 1]

b) Si son muchas perforaciones, sustituir el tramo de tubería completo.

2) Pérdida de agua por las uniones (Advertencia: no intente forzar la unión con la intención de apretarla más, puede romper la rosca y agravar el problema).

Solución:

a) Si la fuga en la junta es muy pequeña, reparar con resina epóxica.
b) Si la fuga de agua es grande, reemplazar el tubo o la unión afectada.

3) Ruidos en la tubería: Se escuchan ruidos tales como golpes y silbidos en la red de distribución de agua. Estos por lo general provienen del mal funcionamiento de grifos, válvulas o flotadores de inodoros, o por exceso de presión o mal dimensionamiento de las tuberías.

Solución:

a) Si el sistema funciona por medio de una bomba hidroneumática, verificar que no haya presión excesiva, lo cual se observa en el manómetro instalado con el equipo.
b) Descartado esto, revisar en forma visual o auditiva los accesorios, grifos y válvulas del sistema, con el fin de localizar específicamente el origen del ruido.

Localización de filtraciones y roturas en las tuberías:

Las filtraciones son de dos tipos: de agua potable y de aguas servidas.

Determinar el origen de una filtración puede tornarse en una labor bastante difícil, por cuanto el agua no siempre aparece cerca del punto donde se origina la fuga. Como la rotura de pisos y paredes es costosa e incómoda, debe hacerse un análisis profundo del lugar del problema antes de proceder a romper.

Para localizar una filtración, el primer auxiliar lo constituye los planos de la instalación, y luego un poco de experiencia e ingenio.

Tabla original exportada desde BIM 360 Ops.

Task Name	Task Description	Category	Repeat Every	Task Priority	Checklist Name	Building	Associated Item Name	Associated Item Description	Associated Item Type	Assigned To	First in Series	Ticket Due Date	Updated Ticket Due
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	diario, oficinas, limpieza	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-109 B	Oficina Red Ex-Alumnos A-109 B	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	limpieza, diario, oficinas	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-113	Ingeniería Comercial MBA A-113	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	diario, oficinas, limpieza	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-114B	Mesa de Ayuda A-114B	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	diario, oficinas, limpieza	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-118	Profesores Part-time A-118	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	oficinas, limpieza, diario	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-118B	Profesor Planta A-118B	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	diario, oficinas, limpieza	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-118C	Apoyo Docente A-118C	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	oficinas, limpieza, diario	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-135B	Control sonido Aula Magna A-135B	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	diario, oficinas, limpieza	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-156	Sala de reunión Part-time A-156	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	limpieza, diario, oficinas	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-157	Atención alumnos A-157	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	limpieza, oficinas, diario	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-158	Oficina de instructores A-158	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	oficinas, limpieza, diario	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-207	Oficina A-207	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	oficinas, diario, limpieza	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-208	Profesores Part-time A-208	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00003	Limpieza diaria oficinas	diario, oficinas, limpieza	1 day	Low	Limpieza 1	EDIFICIO A - USM	A-217	Oficina instructor A-217	Room	Catalina Matamala	Yes	01-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-113C	Sala Software A-113C	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-115	Laboratorio de computación A-115	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-116	Sala de dibujo A-116	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-119	Laboratorio CAE A-119	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-130	Laboratorio 1 A-130	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-153	Laboratorio Redes A-153	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-154	Laboratorio memoristas A-154	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00004	Limpieza semanal de aulas, laboratorios y talleres	diario, aulas, laboratorios, talleres	1 week	Low	Limpieza 2	EDIFICIO A - USM	A-230	Laboratorio microcontroladores A-230	Room	Catalina Matamala	Yes	08-09-21	
TASK-00005	Limpieza semestral nivel 1	semestral, nivel 1, limpieza	Seasonal	Medium	Limpieza semestral	EDIFICIO A - USM	Nivel 1	Nivel 1	Floor	Catalina Matamala	Yes	08-12-21	