

Ontologías y modelos semánticos de datos

Para la comunicación de los sistemas
de un Smart Building



Noviembre de 2023



CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	3
2. MODELOS SEMÁNTICOS DE DATOS	5
3. CONCLUSIONES	12
REFERENCIAS	14

1. INTRODUCCIÓN

Aunque a primera vista pueda no parecerlo, un edificio está compuesto por un gran número de sistemas y tecnologías que se encargan de su correcta operación. La climatización, la gestión de la energía, la seguridad, la automatización, etc., son solo algunos ejemplos de un sinfín de sistemas que trabajan de forma continuada y generan una gran cantidad de datos.

Si queremos optimizar las prestaciones de un edificio para sus usuarios y ocupantes es necesario que estos sistemas puedan intercambiar información y trabajar al unísono. Y para ello debe existir una red subyacente de comunicación entre los componentes de todos estos sistemas. Por ejemplo, el sistema de climatización debe ser capaz de comunicar sus sensores, los equipos de generación de calor y frío, las unidades de distribución y la unidad de gestión BMS, entre otros.

A falta de un esquema de datos y una semántica estandarizada, existen muchas formas de representar los datos generados por todos los sistemas de un edificio, en función del proveedor o del tipo de tecnología. Además, la aparición de las tecnologías inalámbricas ha introducido gran cantidad de protocolos de comunicación (BLE, Zigbee, LoRa, Wi-Fi...) cada uno con su representación propia de la información.



Figura 1: Mapa de comunicación entre los sistemas presentes en un Smart Building. Fuente: Memoori.

La inexistencia de comunicación e interoperabilidad entre estos sistemas presentes en el edificio crea silos de información aislados. Este hecho hace que los sistemas del edificio no alcancen su máximo potencial y resulta en que, por lo general, la eficiencia del edificio tenga un amplio margen

de mejora. Además, que cada sistema presente su información de forma distinta complica la tarea de comunicación entre estos. Esto también dificulta la implantación de nuevas aplicaciones y servicios que requieran de información de todo el edificio (monitorización segregada de energía, modelos de controles predictivos, modelos de ocupación...). Además, la aplicación del mismo servicio en otro edificio requerirá que se repita todo el esfuerzo de configuración.

Esto pone de relieve y hace evidente la necesidad de utilizar una ontología de datos estandarizada y generalizada que permita disponer de una biblioteca de metadatos que describa la configuración y operación del edificio y sus sistemas en su totalidad. Estos esquemas deben ser a la vez flexibles y robustos para poder trabajar con incertidumbres, perturbaciones o la instalación de tecnologías no convencionales.

Sin embargo, no existe aún un modelo de datos que pueda representar toda la información generada por los sistemas del edificio, describir todas las relaciones que existen y se dan en él o bien estar operativo en todas sus etapas. Así pues, diferentes estándares se aplican a lo largo de las distintas fases del ciclo de vida del edificio, generando silos de información y complicando su interoperabilidad.

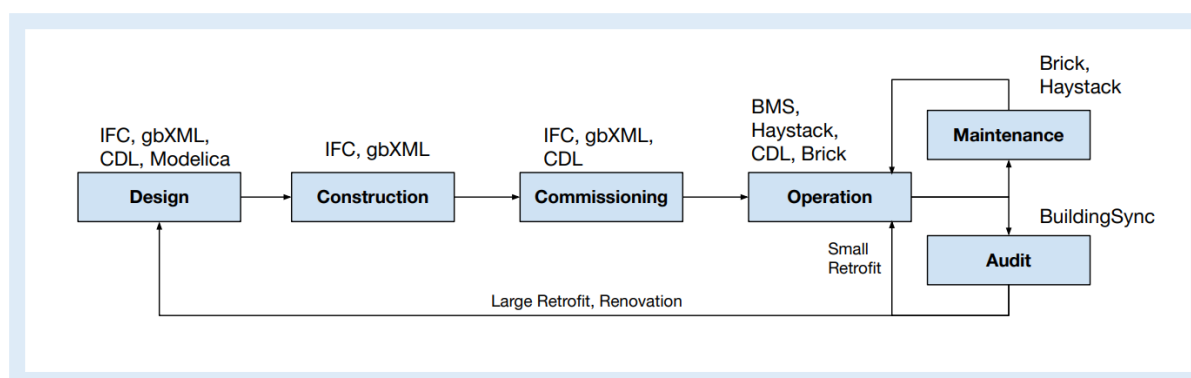


Figura 2: Herramientas para las diferentes etapas de un edificio. Fuente: Shepherding Metadata Through the Building Lifecycle.

En este documento se introducen y comparan 6 modelos de datos utilizados en la actualidad. Se hace especial énfasis en aquellos adecuados para la operación y mantenimiento, dos de las áreas que trabajamos habitualmente desde JG ingenieros.

2. MODELOS SEMÁNTICOS DE DATOS

Brick Schema



Brick Schema es un proyecto de código abierto desarrollado por el grupo de trabajo Brick de la Universidad de California, Berkeley, con el fin de estandarizar la definición de los edificios y sus subsistemas. Mediante Brick Schema se busca consistencia en la descripción de todos los activos físicos, lógicos y virtuales que componen los edificios y de las interacciones entre ellos. Para ello, se define una semántica de datos que pueda ser utilizada en un formato interpretable y legible por máquina. Brick está compuesto por un diccionario extensible de términos y conceptos, relaciones de vinculación, funciones y modelos de datos, con la flexibilidad necesaria para posibles integraciones de Brick con otras herramientas o bases de datos. Esto facilita el análisis y la comprensión de los datos obtenidos en la operativa del edificio.

Brick Schema se apoya para las comunicaciones, aunque sin limitarse, en los protocolos de referencia en automatización de edificios, como puede ser BACnet, y a través de una jerarquía de niveles se consigue representar toda la información de los sistemas del edificio. Se utiliza una sintaxis de etiquetas para etiquetar los puntos de datos de cada nivel, consiguiendo así una identificación única para cada uno de ellos y una ordenación lógica de los datos. Aunque se ha desarrollado buscando una baja complejidad y fácil adoptabilidad, esta requiere de una curva de aprendizaje para todos aquellos usuarios no familiarizados con la estructura y sintaxis utilizada. Además, el modelado de todos los sistemas del edificio requiere también una alta inversión de tiempo para el etiquetado de todos los componentes y puntos de datos existentes.

Para la creación del modelo de un edificio en Brick es necesario definir los siguientes conceptos, ya que son los que utiliza Brick para categorizar y relacionar los sistemas y elementos que componen dicho edificio:

Entidad: Cualquier elemento físico, virtual o lógico que está presente en el edificio. Son todas las ‘cosas’ que están o interaccionan en el edificio. Los elementos físicos son aquellos que tienen una presencia física en el edificio. Por ejemplo, podrían ser unidades de tratamiento del aire, luminarias, sensores... Los elementos virtuales son aquellos cuya representación está pensada para el uso de software. Por ejemplo, podrían ser las variables o señales de operación (temperatura, velocidad del ventilador, consumo de energía...) usadas para generar señales de control. Los elementos lógicos son aquellos que se definen mediante una serie de reglas, como podrían ser zonas específicas (zonas de HVAC, climatización...).

Relación: Define la naturaleza del vínculo o interacción entre dos entidades relacionadas. Ejemplos de relación pueden ser *alimenta a*, *es parte de*, *está en*, *antes de*...

Etiqueta: Es el atributo que define una entidad. Estos atributos pueden ser *sensor*, *agua*, *consigna*, *descargado*...

Clase: Agrupa las entidades de forma lógica. Las clases están organizadas mediante jerarquías y las entidades pueden pertenecer a más de una clase. Las clases ‘raíz’ son las que definen la información más esencial:

- Equipamiento: Sistemas y componentes del edificio, como HVAC, iluminación, sistema de seguridad...
- Punto: Variables o señales de la operación de los sistemas, como puede ser la temperatura, humedad y presión para los sistemas de HVAC. Por ejemplo, pueden ser los utilizados en el sistema BMS.
- Localización: Ubicación precisa de la toma de datos de los puntos y la ubicación del equipamiento, como pueden ser paredes, techo, piso...

De esta forma, todas las entidades del edificio quedan completamente definidas mediante la asignación de una etiqueta, de una o más clases y de posibles relaciones con otras entidades, siendo estas definiciones en su inmensa mayoría estandarizadas.

La Figura 3 muestra la jerarquía de las clases ‘Equipamiento’, ‘Punto’ y ‘Localización’ y posibles relaciones entre las entidades que las componen.

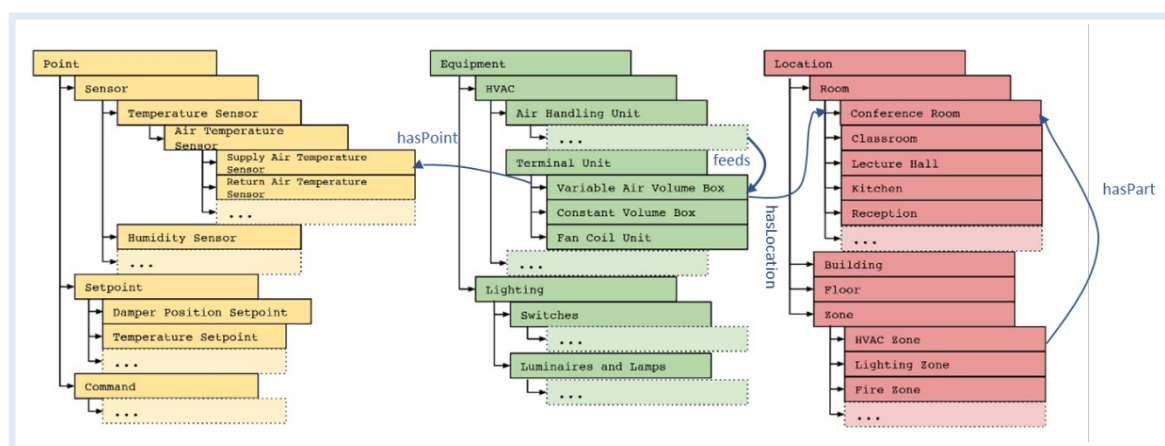


Figura 3: Ejemplo de la organización jerárquica de las clases y posibles relaciones entre entidades.

Finalmente, toda esta información se agrupa en una representación de datos abstracta mediante grafos. Estos, en su forma más básica, están compuestos de nodos y arcos. Los nodos representan las entidades del edificio y los arcos la relación existente entre dichas entidades. La Figura 4 ilustra esta descripción.

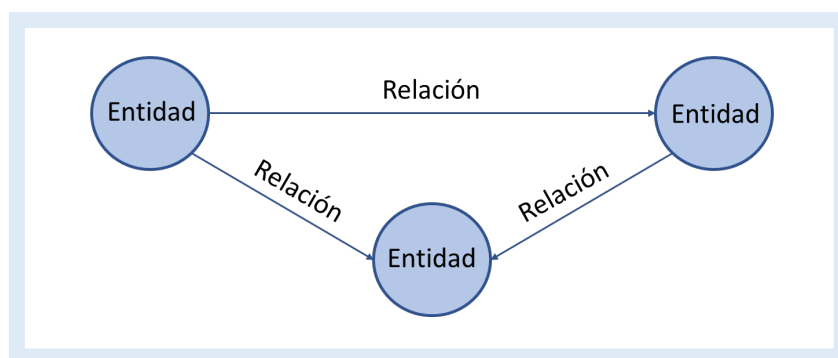


Figura 4: Representación de un grafo cuyos nodos representan las entidades y los arcos sus relaciones.

En Brick Schema estos grafos se representan mediante modelos de datos RDF, tal y como se puede observar en la Figura 5. Los nodos azules representan entidades, que son instancias de clases. Estas pueden ser elementos físicos (equipamiento AHU1A, VAV2-4), entidades virtuales o puntos (VAV2-4.DPRPOS), localizaciones (Room 410, Room 411...) y entidades lógicas (VAV2-3Zone). Los arcos discontinuos representan la relación ‘es una instancia de’ y unen las clases con las entidades que la componen. Las líneas continuas representan las relaciones entre las entidades.

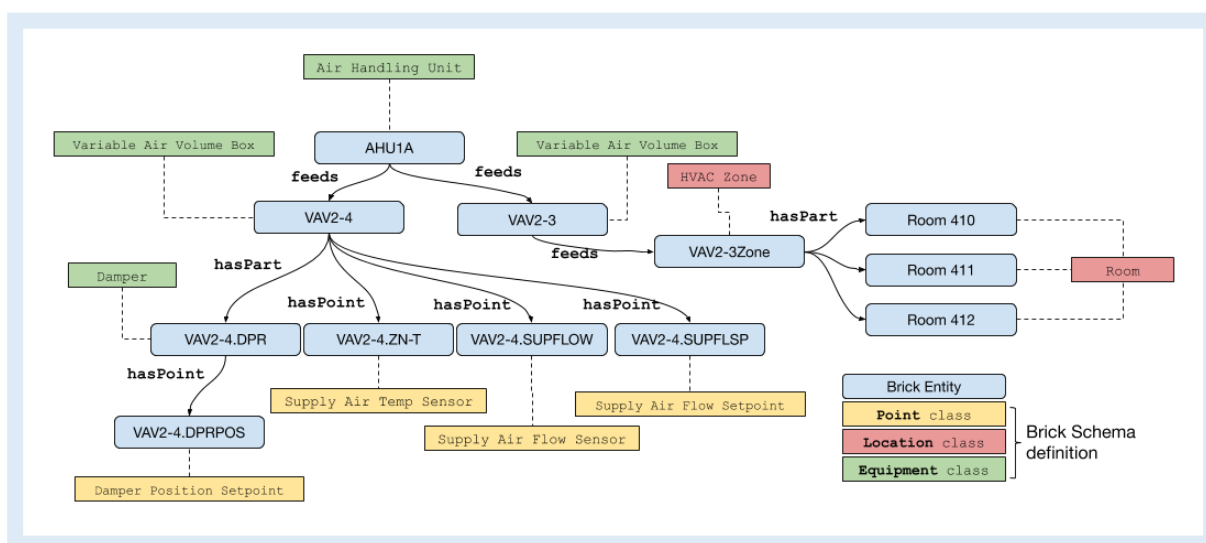


Figura 5: Ejemplo de representación de un sistema de HVAC mediante grafos RDF en Brick Schema.

Real Estate Core



Real Estate Core (REC) es un esquema estándar e interoperable para la realización de grafos de información para definir edificios. Con REC se definen los tipos de nodos presentes en el grafo, las relaciones entre estos y el tipo de datos asociados a los nodos. Al tratarse de una ontología desarrollada para el servicio de Microsoft *Azure Digital Twins*, cuenta con ciertas ventajas tales como modelos de datos ya existentes o una fuerte compatibilidad entre los proveedores y clientes que utilizan REC, con herramientas ya desarrolladas como REC REST APIs para intercambiar datos.

Recientemente se ha anunciado la colaboración entre Brick Schema y Real Estate Core para armonizar y rediseñar los esquemas con el objetivo de mejorar su interoperabilidad.

La información necesaria para describir los activos, sus acciones y relaciones se categoriza según los siguientes parámetros:

Espacio: Elemento físico que ocupa un espacio tridimensional que puede contener subespacios. Pueden ser espacios diferentes regiones, sitios, edificios, pisos o habitaciones

Elemento: Elemento que constituye una parte estructural del edificio, como por ejemplo fachadas, muros, losas, techos...

Activo: Objeto ubicado dentro del edificio y que no forma parte estructural de este. Estos activos están estructurados jerárquicamente en colaboración con Brick Schema, como arquitectónicos, mobiliario...

Punto: Indica la capacidad de una entidad. La jerarquía de los puntos también es fruto de la colaboración con Brick Schema, teniendo cada categoría de la jerarquía un comportamiento específico.

Clase: Agrupa entidades que se dirigen y tratan como una solo unidad por algún tipo de propósito (funcionalidad, cohesión espacial...).

Agente: Describe cualquier tipo de stakeholder y que puede tener algún tipo de rol o realizar alguna actividad. Estos son subdivididos en personas, compañías, departamentos...

Como todas las ontologías tratadas, REC también aporta ventajas como eficiencia en la integración o interoperabilidad en la operación de los sistemas, pero pueden ser soluciones costosas de aplicar tanto en la implementación como en la formación del personal.

Industry Foundation Classes

La Industry Foundation Classes (IFC) es un modelo de datos estandarizado y abierto utilizado para describir digitalmente obras en el ámbito de la construcción. Define los datos asociados a la obra civil tanto durante la fase de diseño y construcción como en posibles *comissionings*, y es muy útil para el modelado de información BIM. Su versión actual, la IFC4, es un estándar internacional de la ISO, publicado como ISO 16739. Hoy en día la alianza *buildingSMART* se encarga de la gestión de este modelo.

Actualmente IFC se utiliza para intercambiar información de una parte a otra en transacciones comerciales específicas, como por ejemplo cuando un arquitecto proporciona nuevos sistemas al propietario. También se utiliza para archivar la información del proyecto durante todas sus fases de construcción con fines históricos o para futuras operaciones. Esta información se puede codificar en archivos XML, JSON y STEP y se puede transmitir y compartir mediante servicios web o centralizarse en Bases de Datos.

Este estándar está diseñado para ser agnóstico en cuanto a proveedores y hardware, y así ser usado por el máximo número de dispositivos, software e interfaces posibles. Concretamente, el esquema IFC codifica, en un formato lógico:

Identidad y semántica:	Nombre, identificador, tipo de objeto, función, etc.
Características e atributos:	Material, color, propiedades térmicas, etc.
Relaciones:	Localizaciones, conexiones, propiedad, etc.
Objetos:	Columnas, losas, etc.
Conceptos abstractos:	Rendimiento, coste, etc.
Procesos:	Instalación, operaciones, etc.
Usuarios:	Propietarios, diseñadores, contratistas, proveedores, etc.

Project Haystack

Project Haystack es una iniciativa de código abierto que busca desarrollar modelos de datos estandarizados para la interoperabilidad de los sistemas de automatización y control de los edificios, energía, agua, HVAC y otros sistemas relacionados. El objetivo del proyecto es crear un lenguaje común y en formato legible por máquina y agnóstico de proveedor y así conseguir desarrollar edificios inteligentes con un mayor grado de interoperabilidad entre sus sistemas, obteniendo así un aumento de rendimiento.

Project Haystack se centra en los modelos semánticos de datos para el IoT en la edificación. La ontología utilizada para describir conceptos típicos en estos campos es:

Sitio:	Un único edificio, complejo o localización de equipos y sensores específicos.
Espacio:	Una planta, habitación, zona de HVAC, zona de alumbrado, etc.
Equipo:	Un activo físico como podría ser contadores, calderas, sistema de ventilación, etc.
Punto:	Un sensor, actuador o un punto de consigna.
Dispositivo:	Hardware basado en microprocesadores como controladores, equipos de red, etc.
Clima:	Observaciones climatológicas como la temperatura, humedad, precipitación, etc.

El enfoque de Haystack es utilizar etiquetas (Tags) para describir los puntos de datos en los términos descritos anteriormente. Estos datos normalizados permiten una mejor comprensión y análisis de los sistemas, facilitando la integración entre diferentes dispositivos y sistemas de control.

Además de la ontología de datos, Project Haystack también proporciona herramientas para la implementación de su estándar. Esto incluye software para etiquetar y clasificar los datos, así como protocolos de comunicación y APIs que permiten el intercambio de información estructurada según el estándar Haystack.

Onvif



Onvif es una organización sin ánimo de lucro que se dedica a desarrollar estándares abiertos para la interoperabilidad de los sistemas de seguridad del edificio tales como cámaras de videovigilancia, controles de acceso, alarmas y sistemas de intercomunicación. Estos estándares permiten que los sistemas de seguridad, basados en comunicación IP, intercambien información y funcionen conjuntamente y de manera efectiva mediante una plataforma de gestión centralizada.

La utilización de los estándares abiertos para integrar los sistemas en una plataforma de gestión centralizada permite reducir la complejidad y los costes asociados con la gestión de los múltiples sistemas y un aumento en la seguridad del edificio.

Asimismo, los dispositivos deben ser compatibles o testados por Onvif para su posible integración. La comunicación entre los dispositivos se realiza mediante servicios web con archivos en formato XML, SOAP y WSDL a través de una red IP.

NGSI-LD



NGSI-LD es un modelo de información y comunicación estándar desarrollado por la Open Mobile Alliance (OMA) que permite el intercambio abierto de información entre diferentes sistemas. Es especialmente utilizado en ámbitos como las ciudades e industrias inteligentes que generalmente se comunican mediante IoT.

Se basa en el modelo de datos NGSI (Next Generation Service Interface) y utiliza JSON-LD para representar los datos en formato RDF (Resource Description Framework) para que los datos sean válidos para diferentes sistemas y aplicaciones sin la necesidad de configuraciones adicionales.

NGSI-LD define una estructura de datos y un conjunto de operaciones para la gestión de entidades, atributos y relaciones que se pueden consultar en tiempo real.

3. CONCLUSIONES

En este documento se han introducido seis modelos semánticos para la descripción de los sistemas y funcionamiento de un edificio. Para una total cohesión, las plataformas integradoras presentadas en anteriores entregas deberán basar su funcionamiento en alguno de estos modelos. A continuación, se muestra una tabla resumen de estos.

Estándar	Etapas Edificio	Administración de empresa	Gestión sistemas edificio (BMS)	Modelo información edificio (BIM)	IoT
Brick Schema	Operación y mantenimiento	⊗	✓	Parcial	✓
Real Estate Core	Operación	✓	✓	✓	✓
IFC	Diseño, Construcción y Comisioning	⊗	⊗	✓	⊗
Project Haystack	Operación y mantenimiento	⊗	✓	⊗	✓
Onvif	Operación	⊗	Sólo seguridad	⊗	Parcial
NGSI-LD	Operación	⊗	⊗	⊗	✓

Tabla 1: Resumen modelos semánticos.

Es evidente que la existencia de distintos modelos semánticos nos aleja del ideal de disponer de un modelo estándar y generalizado. Sin embargo, muchos puntos clave del diseño de estos estándares se han llevado a cabo teniendo en mente la interoperabilidad. El uso de etiquetas entre Brick y Project Haystack o la estructura jerárquica presente en Brick y Real Estate Core son algunos ejemplos de este diseño armonizado.

Para la operación y mantenimiento del edificio se ha observado que Brick Schema y Project Haystack son los modelos semánticos más utilizados y los que cuentan con más respaldo en la comunidad de Smart Buildings. Estos tienen una operativa más generalizada y abarcan más sistemas que el resto de los estándares introducidos (Onvif especializado en sistemas de seguridad o NGSI-LD para entornos IoT).



JG INGENIEROS, S.A

JG es una empresa de consultoría e ingeniería para edificios de alta complejidad, fundada en 1970 en Barcelona por Juan Gallostra Pedemonte. Cuenta con un equipo de 160 profesionales trabajando en oficinas ubicadas en España, Chile, Perú, Panamá y Marruecos.

La empresa desarrolla su actividad en cuatro áreas de negocio:



Proyectos completos de edificación.



Ingeniería de instalaciones técnicas.



Consultoría y soluciones digitales para contribuir al bienestar de las personas.



La mejora de la productividad y la sostenibilidad ambiental.

Además, JG Ingenieros es miembro fundador del **First Q Network**, red de ingenierías europeas de instalaciones, que tiene como objetivo desarrollar proyectos comunes a nivel europeo.

El conjunto de publicaciones agrupadas bajo el título *Smart Building Series* de JG Ingenieros parte del conocimiento del departamento de consultoría Smart Building de JG e incorpora las diferentes aportaciones y sensibilidades de las diferentes empresas y países del grupo de trabajo de Smart Building del First Q Network, en el cual JG participa de forma activa.

REFERENCIAS



Brick: Towards a Unified Metadata Schema For Buildings. / Balaji, Bharathan; Bhattacharya, Arka; Fierro, Gabe et al.
 Proceedings of the 3rd ACM International Conference on Systems for Energy-Efficient Built Environments. Association for Computing Machinery, 2016. p. 41-50.



Shepherding Metadata Through the Building Lifecycle (2020). / Fierro, Gabe; Prakash, Anand; Mosiman, Cory et al.
 Lawrence Berkeley National Laboratory



Brick: Metadata schema for portable smart building applications. / Balaji, Bharathan; Fierro, Gabe; Gao, Jingkun et al.
 Applied Energy, Volume 226, 2018, Pages 1273-1292, ISSN 0306-2619.



Brick Schema: Building blocks for Smart Buildings. Memoori.



Leaflet|Brick: Metadata Schema for Buildings for building applications.



Documentación Brick Schema.



Real State Core. Introduction.



RealEstateCore: The language for smart buildings.



Industry Foundation Classes: A Standardized Data Model for the Vendor-Neutral Exchange of Digital Building Models.



Documentación Project Haystack.



Comparison of Brick and Project Haystack to Support Smart Building Applications. Cornell University.



Project-Haystack White Paper. Contingental Automated Buildings Association (CABA).



XML Schema Version and Extension Handling White Paper. Onvif.