

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR



Grado en Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

Gestión de negocio mediante técnicas de Realidad Virtual

Ricardo Pérez Ramos
Tutor: Carlos Aguirre Maeso

JULIO 2019

Gestión de negocio mediante técnicas de Realidad Virtual

AUTOR: Ricardo Pérez Ramos

TUTOR: Carlos Aguirre Maeso

**Escuela Politécnica Superior
Universidad Autónoma de Madrid
Julio de 2019**

Resumen (castellano)

En los últimos años, las tecnologías aplicadas al mundo de la realidad virtual están alcanzando el grado de madurez necesario para abrir este campo a su aplicación en un gran número de escenarios. A su vez, la disminución de los costes de producción de los dispositivos de realidad virtual está fomentando que cada vez más personas puedan tener acceso al hardware necesario tanto para uso personal como en el ámbito del desarrollo de nuevas aplicaciones.

Este trabajo comprende el desarrollo de un entorno de realidad virtual que facilite las tareas de gestión de un negocio. En concreto, el negocio objetivo de este TFG será un comercio dedicado a la venta de electrodomésticos. Sin embargo, el proyecto está pensado para poder servir como base para la gestión de cualquier tipo de negocio dedicado a la venta de artículos en un espacio físico como el de una tienda.

En concreto, las tareas que podrá llevar a cabo el gerente de un comercio a través de este entorno incluyen la gestión de diversas características de los productos como son el precio, el stock disponible o la disposición de estos dentro de la tienda física. Por otro lado, también se facilitará la gestión del personal contratado y su asignación a las diferentes secciones de venta. Así mismo, el contacto con proveedores y la relación de estos con los productos que ofrecen también será una de las funcionalidades clave dentro del entorno. Finalmente, se le permitirá al usuario tener en todo momento un resumen estadístico correspondiente a las ventas de cada uno de los productos, así como una visión general de diferentes datos de interés relacionados con su comercio.

Para la representación de las estructuras de datos de las que hará uso la aplicación, se ha creado una base de datos basada en MySQL que, para este trabajo, estará alojada de manera local en la máquina encargada de ejecutar el entorno. Aun así, por las características de esta, sería fácilmente escalable a un servidor remoto de bases de datos que permita el uso de la aplicación desde cualquier dispositivo con conexión a Internet y las características necesarias para la ejecución de entornos de realidad virtual.

En conclusión, se pretende que este entorno sirva como una herramienta clave para centralizar la mayor parte de las tareas de gestión que implica la gerencia de un comercio de una forma innovadora e inmersiva como la que ofrece la tecnología de realidad virtual.

Abstract (English)

In recent years, the technologies applied to the world of virtual reality have been reaching the degree of maturity needed to open this field to its application in a large number of scenarios. In turn, the decrease in production costs of virtual reality devices is encouraging more and more people to have access to the hardware needed for both personal use and in the field of the development of new applications.

This work includes the development of a virtual reality environment that facilitates the tasks of managing a business. Specifically, the target business of this Bachelor Thesis will be a store dedicated to the sale of electrical appliances. However, the project is designed to serve as a basis for the management of any type of business dedicated to the sale of articles in a physical space like a shop.

In particular, the tasks which the manager of a store will be able to carry out through this environment include the management of various characteristics of the products such as the price, the available stock or their disposition inside the physical store. On the other hand, it will also facilitate the management of hired personnel and their allocation to the different sales sections. Likewise, the contact with suppliers and their relationship with the products they offer will also be one of the key functionalities within the environment. Finally, the user will be allowed to have at any moment a statistical summary corresponding to the sales of each one of the products, as well as a general vision of different data of interest related to their shop.

For the representation of the data structures that will be used by the application, a database based on MySQL has been created and, for this work, it will be located locally in the machine responsible for executing the environment. Even so, because of its characteristics, it would be easily scalable to a remote database server which allows the use of the application from any device with Internet connection and the necessary requirements for the execution of virtual reality environments.

In conclusion, this environment is intended to serve as a key tool to centralize most of the administration tasks involved in the management of a business in an innovative and immersive way like the one offered by the virtual reality technology.

Palabras clave (castellano)

Realidad Virtual, Visor Estereoscópico, HMD, Gestión de negocios, Comercio Virtual

Keywords (inglés)

Virtual Reality, Stereoscopic Viewer, HMD, Business Management, Virtual Trade

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi tutor Carlos Aguirre Maeso por haberme dado la oportunidad de realizar este trabajo y por su apoyo a lo largo del mismo. Pese a las dudas que surgieron cuando esto solo era una idea en mi cabeza, al final ha resultado un trabajo muy satisfactorio con el que he disfrutado y aprendido cosas nuevas.

En segundo lugar, agradecer a Martín López Quero, un amigo de verdad, por su gran apoyo durante todo este tiempo no solo en este trabajo si no también en los momentos difíciles de la vida. Mención a Juan Antolí que con sus ideas me ha ayudado a dar forma a este proyecto. Tampoco puedo olvidarme del reconocimiento a todos los compañeros de la escuela con los que he compartido buenos y malos momentos ya que juntos hemos forjado nuestro futuro ayudándonos unos a otros.

Por supuesto me gustaría agradecer a mi familia y a mi rodzinka por haber mostrado siempre interés en todo lo que hago y haberme animado a seguir adelante pese a las dificultades y los roces que han podido surgir.

Por último, pero no menos importante, quiero dar las gracias al mayor apoyo de mi vida, la persona que siempre ha estado ahí cuando la he necesitado y sin la cual no habría llegado donde estoy ahora mismo. Muchísimas gracias Aleksandra Larkowska por animarme a seguir con mis estudios, por estar siempre a mi lado incondicionalmente y por ser la luz que guía mis pasos en el día a día.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 MOTIVACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS.....	1
1.3 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	2
2 ESTADO DEL ARTE.....	3
2.1 HISTORIA DEL COMERCIO	3
2.2 HERRAMIENTAS PARA LA GESTIÓN DE NEGOCIOS.....	3
2.2.1 <i>Herramientas generales</i>	4
2.2.2 <i>Herramientas específicas</i>	4
2.2.3 <i>Conclusiones</i>	5
2.3 ESTADO ACTUAL DE LA REALIDAD VIRTUAL	6
2.3.1 <i>Definición e historia de la Realidad Virtual</i>	6
2.3.2 <i>Principales dispositivos de Realidad Virtual</i>	7
2.3.3 <i>Plataformas para desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual</i>	9
2.3.4 <i>Conclusión</i>	10
3 ANÁLISIS.....	11
3.1 INTRODUCCIÓN.....	11
3.2 REQUISITOS FUNCIONALES	12
3.3 REQUISITOS NO FUNCIONALES	15
4 DISEÑO.....	16
4.1 DIAGRAMAS DE FLUJO	16
4.2 BASE DE DATOS.....	16
4.3 PERSISTENCIA.....	18
4.3.1 <i>Persistencia en la disposición virtual de objetos</i>	18
4.3.2 <i>Persistencia de la configuración.</i>	19
5 DESARROLLO	20
5.1 TECNOLOGÍAS UTILIZADAS EN EL DESARROLLO	20
5.2 ACCESO A LA BASE DATOS DESDE UNITY	21
5.3 DESARROLLO DE LOS MÓDULOS.....	23
5.3.1 <i>Módulo de Interfaz VR y Configuración</i>	23
5.3.2 <i>Módulo de Persistencia</i>	25
5.3.3 <i>Módulo de gestión de Productos</i>	26
5.3.4 <i>Módulo de gestión de Mobiliario</i>	28
5.3.5 <i>Módulo de gestión de Empleados</i>	28
5.3.6 <i>Módulo de gestión de Proveedores</i>	30
5.3.7 <i>Módulo de gestión de Pedidos</i>	30
5.3.8 <i>Módulo de Estadísticas</i>	31
6 PRUEBAS Y RESULTADOS	33
6.1 PRUEBAS CONTRA LA BASE DE DATOS	33
6.2 PRUEBAS CONTRA LA APLICACIÓN VR.....	34

7 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO	37
7.1 CONCLUSIONES.....	37
7.2 TRABAJO FUTURO.....	38
REFERENCIAS.....	39
GLOSARIO	40
ANEXOS	I
A DIAGRAMAS DE FLUJO.....	I
B DIAGRAMAS DE CLASES	X

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1 -RELACIÓN ENTRE MÓDULOS DE LA APLICACIÓN	12
ILUSTRACIÓN 2 – ESTRUCTURA DE LA BASE DE DATOS.....	17
ILUSTRACIÓN 3 – ESTRUCTURA DEL JSON DE LOCALIZACIONES	18
ILUSTRACIÓN 4 – ESTRUCTURA DEL JSON DE CONFIGURACIÓN	19
ILUSTRACIÓN 5 – MENÚ PRINCIPAL	23
ILUSTRACIÓN 6 – ETIQUETAS DE AYUDA	24
ILUSTRACIÓN 7 – MENÚ DE CONFIGURACIÓN	25
ILUSTRACIÓN 8 - INSTANCIACIÓN DE PRODUCTOS	26
ILUSTRACIÓN 9 – SELECCIÓN DE PRODUCTOS.....	26
ILUSTRACIÓN 10 – PANEL DE INFORMACIÓN DE UN PRODUCTO	27
ILUSTRACIÓN 11 – ESCALA Y ROTACIÓN DE UN OBJETO.....	27
ILUSTRACIÓN 12 – MENÚ DE GESTIÓN DE EMPLEADOS	28
ILUSTRACIÓN 13 – PANEL DE INFORMACIÓN DE UN EMPLEADO	29
ILUSTRACIÓN 14 – FORMULARIO PARA AÑADIR UN EMPLEADO	29
ILUSTRACIÓN 15 – PANEL PARA REALIZAR UN PEDIDO	30
ILUSTRACIÓN 16 – ESTADÍSTICAS DE VENTAS DE UN PRODUCTO.....	32
ILUSTRACIÓN 17 – ESTADÍSTICAS GENERALES DEL COMERCIO.....	32

ILUSTRACIÓN 18 – COMPLEJIDAD TEMPORAL DE LA CONSULTA MÁS COSTOSA.....	33
ILUSTRACIÓN 19 - INSTANCIACIÓN DE UN PRODUCTO DENTRO DE LA TIENDA.....	I
ILUSTRACIÓN 20 - INSTANCIACIÓN DE MOBILIARIO DENTRO DE LA TIENDA	II
ILUSTRACIÓN 21 - ESCALADO Y ROTACIÓN DE OBJETOS	III
ILUSTRACIÓN 22 - REALIZACIÓN DE UN PEDIDO PARA UN PRODUCTO	IV
ILUSTRACIÓN 23 - AÑADIR EMPLEADOS Y PROVEEDORES AL SISTEMA.....	V
ILUSTRACIÓN 24 - EDICIÓN DE EMPLEADOS Y PROVEEDORES PREVIAMENTE REGISTRADOS EN EL SISTEMA.....	VI
ILUSTRACIÓN 25 - CONSULTA DE INFORMACIÓN ACERCA DE EMPLEADOS Y PROVEEDORES	VII
ILUSTRACIÓN 26 - CONSULTA DE ESTADÍSTICAS DE VENTAS Y GENERALES.....	VIII
ILUSTRACIÓN 27 - CONFIGURACIÓN DE LA APLICACIÓN	IX
ILUSTRACIÓN 28 - MÓDULO DE INTERFAZ VR Y CONFIGURACIÓN	X
ILUSTRACIÓN 29 - MÓDULO DE PERSISTENCIA.....	XI
ILUSTRACIÓN 30 - MÓDULO DE GESTIÓN DE PRODUCTOS	XII
ILUSTRACIÓN 31 - MÓDULO DE GESTIÓN DE MOBILIARIO	XIII
ILUSTRACIÓN 32 - MÓDULO DE GESTIÓN DE EMPLEADOS	XIV
ILUSTRACIÓN 33 - MÓDULO DE GESTIÓN DE PROVEEDORES	XV
ILUSTRACIÓN 34 - MÓDULO DE GESTIÓN DE PEDIDOS	XVI
ILUSTRACIÓN 35 - MÓDULO DE ESTADÍSTICAS	XVI
ILUSTRACIÓN 36 - HERRAMIENTAS AUXILIARES	XVI

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 - DESCRIPCIÓN DE LOS MÓDULOS PHP PARA ACCESO A LA BASE DE DATOS	22
---	----

1 Introducción

1.1 Motivación

Las nuevas tecnologías permiten aplicar un enfoque innovador a campos del ámbito empresarial tan antiguos como podría ser la gestión de un comercio físico. Si bien existe un amplio catálogo de aplicaciones que facilitan las tareas diarias que conlleva la dirección de un comercio, con este trabajo se pretende llevar estas tareas a un entorno mucho más inmersivo. Un entorno que simule con facilidad la sensación de estar gestionando todos los comercios como si se estuviese físicamente presente en cada uno de ellos, pero con la comodidad de poder realizar todas estas tareas desde cualquier localización con solo un dispositivo de realidad virtual.

Como expone Carlos García Moreno en el blog tecnológico de la empresa INDRA ^[1], el auge de este tipo de tecnología es cada vez más evidente en muchos campos del ámbito empresarial. Su uso hoy en día se está extendiendo con rapidez a aplicaciones en la sanidad, la formación inmersiva de profesionales en diferentes sectores, el diseño gráfico, la visualización de datos o el marketing en eventos.

También cabe destacar la aparición en el mercado de nuevos dispositivos de realidad virtual, como las gafas Oculus Go ^[2], que integran todo lo necesario en el propio dispositivo y liberan al usuario de la necesidad de tener un ordenador para su utilización. Es de esperar que distintos fabricantes lancen una apuesta similar que permita al consumidor el acceso a esta tecnología eliminando las restricciones que hasta ahora limitaban su uso extendido.

Por todo lo expuesto anteriormente, este parece ser un momento idóneo para el desarrollo, en este joven entorno, de nuevas funcionalidades que puedan revolucionar la manera con la que interactuamos con una aplicación y, en este caso en concreto, con la gestión de un comercio.

1.2 Objetivos

El objetivo de este trabajo comprende el análisis, diseño e implementación de un entorno en Realidad Virtual para la gestión de un comercio de electrodomésticos. Esta solución está conformada por los siguientes puntos clave:

- Consulta de información acerca de los productos de la tienda. Esta información incluye: el nombre del producto, el precio, su stock y su disposición física dentro de la tienda real.

- Consulta y modificación de información sobre empleados como puede ser su identidad, salario, o su asignación a las diferentes secciones dentro de la tienda.
- Consulta y gestión de los proveedores de productos, así como del contacto con estos a la hora de realizar pedidos.
- Generación de estadísticas sobre productos más vendidos, empleados más productivos y días con mayor número de ventas, además de estadísticas de ventas de cada producto en particular.
- Localización física de los productos dentro de la tienda, así como un sistema de persistencia de esta configuración.
- Sistema de ayudas visuales para facilitar el aprendizaje de las funcionalidades dentro de la aplicación.

Dentro de los objetivos se incluye la creación de una base de datos para almacenar toda la información correspondiente a productos, empleados, secciones, proveedores, ventas y todas las relaciones existentes entre ellos. Esta constituirá la fuente de datos para el modelo y será diseñada de tal manera que permita la abstracción del tipo específico de producto con el fin de ser lo más general posible y facilitar su extensión a otro tipo de comercios.

1.3 Organización de la memoria

El contenido de esta memoria está estructurado en los siguientes capítulos:

- **Estado del arte.** Compuesto por una breve introducción a la historia del comercio junto con un análisis de las herramientas actuales para la gestión de estos. Por otro lado, se estudian las tecnologías actuales de realidad virtual y su aplicación a este campo.
- **Análisis.** Se desarrolla el análisis de las funcionalidades y requisitos a implementar en este proyecto junto con su división en módulos específicos.
- **Diseño.** Trata las decisiones tomadas en cuanto a la arquitectura de la aplicación, el diseño de la base de datos y los mecanismos de persistencia de toda la información que así lo requiera.
- **Desarrollo.** Se exponen las tecnologías utilizadas en el desarrollo y cómo se han implementado las funcionalidades derivadas del análisis en cada módulo.
- **Pruebas y resultados.** Descripción y resultado de las pruebas realizadas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema desarrollado.
- **Conclusiones y trabajo futuro.** Aprendizaje derivado de la realización de este trabajo y posibles mejoras para el futuro de la aplicación.

2 Estado del arte

2.1 Historia del comercio

La historia del comercio tiene su origen en la aparición de la agricultura que se remonta al periodo Neolítico. A medida que los nuevos descubrimientos tecnológicos fueron aplicándose a este campo, se produjeron varias situaciones que propiciaron la aparición del comercio. Una de ellas fue la efectividad en las técnicas de agricultura, lo que desembocó en excedentes en la producción de comida. Como consecuencia de esta mejora en la productividad, el número de personas necesarias para los cultivos disminuyó de tal manera que surgieron nuevas especializaciones en otros campos. Del intercambio de excedentes alimenticios por nuevos bienes derivados de estos nuevos trabajos surgió la primera idea de comercio que hoy en día conocemos como trueque.

El trueque suponía un acuerdo entre las partes involucradas en cuanto al valor de los bienes intercambiados, lo cual no siempre era una tarea fácil. Es por ello por lo que de los desacuerdos nació la creación de un medio de valor universal, la moneda, en el que el resto de los bienes pudiesen tener su equivalencia.

A medida que se descubrían nuevos territorios, el comercio fue expandiéndose por todo el mundo, en lo que conocemos como concepto de globalización. A partir de ahí, el comercio ha experimentado un gran número de variaciones a medida que el paso de los años y las nuevas tecnologías se han ido aplicando a este campo.

2.2 Herramientas para la gestión de negocios

En la actualidad existen diversas aplicaciones para la gestión de un negocio comercial según las necesidades y el presupuesto del interesado. Si bien hay aplicaciones generales que son gratuitas, la mayoría de estas no unifican todas las necesidades del cliente en un único software, sino que, a menudo solo gestionan un aspecto del negocio, lo que desemboca en tener un gran número de aplicaciones de distintos proveedores para una gestión completa del negocio.

Esto dificulta claramente el trabajo del gerente y es por ello que muchos optan por la contratación de una empresa dedicada a la producción de software empresarial para el desarrollo de una herramienta personalizada que se ajuste mucho mejor a sus necesidades. En esta sección se analizarán varias aplicaciones conocidas en este campo con el objetivo de extraer cuáles son las funcionalidades más demandadas en el sector.

2.2.1 Herramientas generales

Nextar

Citando la descripción de su página web ^[4], “Nextar es un sistema de Terminal de Punto de Venta (TPV) simple, perfecto para pequeñas y medianas empresas”. Esta herramienta ha sido diseñada con el objetivo de facilitar las siguientes tareas:

- **Ventas.** Facilita el proceso de venta llevando a cabo tareas de registro de ventas, vinculación de ventas con clientes y ventas por vendedor, entre otras.
- **Inventario.** Gestión del inventario con stock de productos, gestión individual de productos y filtros de visualización de estos.
- **Control de caja.** Apertura y cierre de caja, lista de transacciones, contador de dinero e historial de operaciones.
- **Clientes.** Registro de clientes, lista de transacciones, control de deudas y sistemas de fidelización.
- **Proveedores.** Registro de proveedores y listado a través de diversos filtros.
- **Cotizaciones.** Creación y control de cotizaciones, modelo de estas e impresión y envío de presupuestos a clientes.

Alvendi

Alvendi ^[5] es una herramienta gratuita para la gestión de inventarios, ventas y compras que está dividida en módulos relacionados con tareas específicas. Su funcionalidad, aunque similar a la de Nextar, es bastante menos completa. Con Alvendi podemos realizar las siguientes tareas:

- **Inventario.** Registrar nuevos productos, seguimiento de stock e información sobre productos disponibles.
- **Clientes.** Registro de clientes y deudas.
- **Proveedores.** Registro de proveedores y pagos pendientes.
- **Facturas.** Generación de reportes y facturas para el gerente y clientes.

2.2.2 Herramientas específicas

Analizando las anteriores herramientas generales, podemos ver cómo las principales funcionalidades del software destinado a la gestión de un negocio comercial se centran en el manejo del inventario y la gestión de clientes, proveedores y ventas.

Por ello, en esta sección, procederé a analizar de manera resumida algunos ejemplos de software que hay disponible en el mercado para realizar estas tareas específicas.

EZ OfficeInventory

EZ OfficeInventory ^[6] es un software especializado en el manejo de inventarios utilizado por grandes empresas como Amazon, Intel y CNN. Sus principales características son: la previsión de stock y reservas, con el objetivo de evitar quedarse sin productos; la gestión del almacén; la generación de reportes sobre caja y ventas; la gestión del inventario a través de etiquetas RFID y la generación de etiquetas personalizadas compatibles con la aplicación.

Freshsales

Freshsales ^[7] es un servicio específicamente desarrollado para la gestión y el análisis de las ventas generadas en un negocio. Entre sus principales cualidades se encuentra el uso de técnicas de IA para el análisis de los principales líderes en ventas, generando un ranking con los empleados más productivos. Por otro lado, incluye un sistema de comunicación interno integrado en la propia aplicación que facilita el contacto tanto entre empleados como con el gerente del negocio.

Exact CRM

Exact ^[8] es una herramienta que podemos englobar dentro del software enfocado a CRM, *Customer Relationship Management*, o gestión de las relaciones con clientes y proveedores. Este tipo de aplicaciones está destinado a centralizar toda la información disponible acerca de los clientes con el fin de mejorar las estrategias de venta y marketing de un negocio.

Es por ello por lo que el usuario destino de este tipo de aplicaciones sería el personal correspondiente a los departamentos de marketing y recursos humanos. Entre sus principales ventajas, ofrecen un control total de la venta desde el momento en el que se contacta al cliente, un análisis de los intereses del cliente enfocado a campañas de marketing más efectivas y un sistema que permita la gestión de proyectos.

2.2.3 Conclusiones

Como hemos podido observar en el anterior análisis, los puntos clave que caracterizan las aplicaciones existentes para la gestión de negocios se centran en:

- **Administración del inventario.** Stock, precios, ubicación dentro de la tienda.

- **Reportes de ventas.** Meses más prósperos, productos más vendidos, empleados más productivos.
- **Gestión de clientes.** Información de contacto, intereses en productos, estadísticas de compra, campañas de marketing, programas de fidelización.
- **Gestión de proveedores.** Contacto, cotización de productos, relaciones comerciales.
- **Gestión de plantilla.** Contacto, asignaciones, salario, horarios, rendimiento personal.
- **Recepción de notificaciones.** Alertas por falta de stock, falta de liquidez en la caja, imprevistos.

Teniendo todos los puntos en cuenta, este trabajo estará centrado en satisfacer estas necesidades con el objetivo de reunir en una misma aplicación el mayor número de funcionalidades que el gerente de una tienda pudiese necesitar en su día a día.

2.3 Estado actual de la Realidad Virtual

2.3.1 Definición e historia de la Realidad Virtual

La realidad virtual o VR por sus siglas en inglés (*Virtual Reality*), es la tecnología que engloba la simulación de entornos generados por ordenador y que inducen en el usuario una sensación de inmersión que se asemeje a la propia realidad. Todo ello se consigue mediante la utilización de dispositivos como gafas o cascos de realidad virtual y, opcionalmente, controladores que permitan interactuar con el entorno.

Pese a que pueda parecer que el término *realidad virtual* es muy reciente, la verdad es que los orígenes de esta se remontan a 1840 con la invención, por parte de Sir Charles Wheatstone, del estereoscopio.

Como bien resume Max Kohl en su artículo para la Universidad Nacional de la Plata ^[9], “Este visor estereoscópico permite la creación de la ilusión de profundidad en una imagen creada a partir de dos fotografías ligeramente diferentes, que se combinan en nuestro cerebro como una sola imagen estereoscópica”.

De este visor surgieron varios inventos relacionados con el mundo de la realidad virtual, como son El Sensorama (1950) de Morton Heilig, que adaptaba obras de teatro a un entorno inmersivo, o lo que sería el primer casco de realidad virtual conectado a un ordenador (1968) de la mano de Ivan Sutherland y Bob Sproull ^[10].

Más recientemente podemos encontrar la Nintendo Virtual Boy de 1995 como uno de los primeros intentos de lanzar al mercado un dispositivo de realidad virtual orientado a los videojuegos.

En la actualidad, el catálogo de dispositivos de realidad virtual ha crecido exponencialmente y el consumidor tiene acceso a una oferta muy amplia según sus necesidades. Existen multitud de cascos que permiten la utilización de un teléfono móvil como pantalla, gafas de bajo coste hechas a base de cartón y un par de lentes estereoscópicas como las Google Cardboard y dispositivos de alto rendimiento pensados para el público más exigente como son Oculus Rift, HTC Vive o los diferentes modelos que implementan Windows Mixed Reality.^[11]

2.3.2 Principales dispositivos de Realidad Virtual

En esta sección se analizarán los dispositivos de realidad virtual más relevantes en el mercado actual con el objetivo de elegir el hardware que más se ajusta a este proyecto.

Samsung Gear VR

Las Gear VR ^[12] son la apuesta de Samsung para hacerse un hueco en el mundo de la realidad virtual. Este tipo de gafas pertenecen al grupo de los dispositivos de realidad virtual móvil que precisan de un smartphone para su funcionamiento. Al ser propiedad de la empresa Samsung, estas gafas solo son compatibles con los teléfonos Samsung Galaxy de última generación, por lo que el alcance de las aplicaciones desarrolladas en exclusiva para esta plataforma se ve reducido a los propietarios de teléfonos de alta gama de esta marca.

Otro factor que juega en contra es la potencia ya que, pese a utilizar un teléfono de altas prestaciones, no se puede acercarse al rendimiento que ofrece un ordenador con una tarjeta gráfica potente.

Por último, pese a que el precio de las gafas por sí solas no es elevado, el tener que comprar un teléfono Samsung Galaxy de última generación, aumenta considerablemente el coste de desarrollar contenido para esta plataforma.

Oculus Rift

Las Oculus Rift ^[13] fueron el primer HMD moderno destinadas a jugadores que salieron al mercado. El fundador de la empresa Oculus, Palmer Luckey, junto con John Carmack y varios cofundadores de Scalerform, lanzaron en 2012 una campaña de *crowdfunding* en Kickstarter que consiguió recaudar 2,4 millones. Tras este éxito, salió al mercado el primer modelo de Oculus Rift (Kit de desarrollo 1) y, poco después, en 2014 la empresa fue comprada por *Facebook*, quien continuó el desarrollo de este dispositivo hasta el modelo actual.

El funcionamiento de estas gafas se basa en dos sensores que se colocan en la habitación para el seguimiento de la posición del casco y los controles. Esta tecnología proporciona un posicionamiento de las manos y la cabeza muy preciso que favorece la inmersión.

En cuanto a sus defectos, encontramos que el precio puede seguir siendo prohibitivo para algunos bolsillos, pese a que ha ido disminuyendo con el tiempo y con la entrada en juego de nuevos competidores en este campo. Por otro lado, este tipo de dispositivos requieren de un ordenador de altas prestaciones para su funcionamiento, lo que incrementa considerablemente el precio. Por último, la resolución de las pantallas es de 1080x1200 píxeles por ojo, lo que produce el conocido efecto rejilla donde se pueden apreciar los píxeles de la pantalla disminuyendo la sensación de inmersión.

Windows Mixed Reality

Windows Mixed Reality ^[14] es la plataforma desarrollada por Microsoft que pretende unificar realidad virtual y aumentada en un entorno que se ejecute de forma nativa en el sistema operativo Windows 10.

Existen numerosos HMDs compatibles con WMR, ya que Microsoft no se encarga de la producción del hardware, sino que se limita al mantenimiento de la plataforma y la especificación de los requisitos que deben cumplir los fabricantes de HMDs.

Todos los dispositivos compatibles con WMR carecen de sensores externos para el posicionamiento de las manos y la cabeza. En su lugar, las gafas cuentan con giroscopios y sensores para calcular la posición de la cabeza y dos cámaras que se encargan del posicionamiento de los mandos a través de una matriz de luces LED colocadas en estos.

Como principal desventaja, nos encontramos que la falta de sensores externos conlleva la pérdida del tracking de los controles cuando estos desaparecen del campo de visión de las cámaras. Sin embargo, el sistema está pensado para mantener una posición aproximada de los controles a través de los sensores disponibles en estos, siempre y cuando el tiempo que no están a la vista no sea muy elevado.

En cuanto a los puntos fuertes de los HMDs compatibles con esta plataforma, tenemos la gran variedad de opciones para elegir el dispositivo que mejor se ajuste a nuestras necesidades: una puesta en marcha mucho más rápida, pues evita tener que estar colocando y calibrando sensores adicionales en el espacio de uso; una resolución mayor por cada ojo, que disminuye notablemente el efecto rejilla y un precio inferior al de sus competidores.

2.3.3 Plataformas para desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual

En esta sección se analizarán las diferentes opciones en cuanto a plataformas para el desarrollo de aplicaciones de Realidad Virtual con el objetivo de encontrar la que mejor se ajuste las necesidades de este trabajo.

WebVR

WebVR ^[15] es una plataforma que permite disfrutar de contenido web con cualquier dispositivo de realidad virtual y un navegador web compatible. La API es totalmente gratuita y ofrece soporte para los principales HMDs y controles.

Sin embargo, esta plataforma no cuenta con un entorno propio de desarrollo de aplicaciones en 3D, sino que, más bien sirve como interfaz entre el contenido web y el hardware de realidad virtual. Además, actualmente solo es compatible con los navegadores Edge y Firefox, por lo que su alcance se ve notablemente reducido.

Unreal Engine 4

Unreal Engine ^[16] es el motor gráfico para el desarrollo de videojuegos de la compañía Epic Games. Este motor nació en 1998 de la mano del videojuego con el que comparte nombre, “Unreal”, y actualmente se encuentra en su cuarta generación.

Unreal Engine 4 dispone de una interfaz gráfica de desarrollo propia que cuenta con todas las herramientas necesarias para exprimir el potencial de este motor y está especializado en el desarrollo de contenido 3D de muy alta calidad. También está destinado al desarrollo de realidad virtual y es totalmente compatible con todos los dispositivos actuales.

Las principales desventajas de *Unreal Engine 4* ^[17] no se ciñen al propio motor, sino más bien a la comunidad que hay detrás de este. Pese a ser un motor muy popular entre las grandes compañías de videojuegos, la comunidad es relativamente pequeña si la comparamos con la de otros motores como Unity. Esto, sumado a una pronunciada curva de aprendizaje, podría dificultar el desarrollo en esta plataforma.

Unity3D

Unity3D es uno de los motores 3D más populares de toda la historia. Desde su lanzamiento en 2005, ha tenido un éxito rotundo entre desarrolladores *indie* por su gran versatilidad, su facilidad de aprendizaje y una gran comunidad detrás.

Al igual que Unreal Engine 4, Unity3D dispone de IDE propio para el desarrollo de aplicaciones 3D y, además, cuenta con un amplio abanico de *plugins*, tanto gratuitos como de pago para ampliar en gran medida su funcionalidad.

En la actualidad existen varios SDK destinados al desarrollo de aplicaciones para realidad virtual en Unity, tanto de Oculus como de WMR, que facilitan la puesta en marcha de un proyecto de estas características.

Como punto negativo de esta plataforma, podríamos destacar que su rendimiento es ligeramente inferior al de Unreal Engine 4 y, que la frecuencia con la que lanzan actualizaciones y parches puede suponer un problema en equipos grandes por temas de compatibilidad.

2.3.4 Conclusión

Del análisis anterior, estimo que el mejor HMD para la realización de este trabajo sería cualquiera que esté basado en la plataforma WMR por su compatibilidad, calidad de imagen y precio asequible. En concreto, este proyecto será desarrollado con las gafas de realidad virtual Lenovo Explorer.

En cuanto al entorno de desarrollo, estimo que Unity3D es la mejor plataforma para el desarrollo de este trabajo por su compatibilidad con WMR, por tener una comunidad numerosa detrás y por los conocimientos previos de este entorno adquiridos a lo largo de la titulación.

3 Análisis

3.1 Introducción

En esta sección se expondrán los métodos y herramientas utilizados para el análisis de la solución propuesta en este trabajo que se centrará en los puntos clave descritos en la sección 1.2 de este documento.

Para facilitar esta tarea se ha decidido dividir la aplicación en 8 módulos centrados en las diferentes funcionalidades:

- **Módulo de Gestión de Productos.** Se encargará de gestionar la información correspondiente a los productos de la tienda entre las que se incluye el nombre, precio, stock y sección a la que pertenece el producto.
- **Módulo de Gestión de Mobiliario.** Se encargará de gestionar los objetos que conforman el mobiliario de la tienda y su localización dentro de esta.
- **Módulo de Gestión de Empleados.** Se encargará de gestionar la información correspondiente a los empleados. Dentro de este módulo se incluye la creación y edición de empleados, así como consulta de información de empleados existentes.
- **Módulo de Gestión de Proveedores.** Se encargará de gestionar la información correspondiente a los proveedores. Incluye la creación y edición de proveedores, así como consulta de información de proveedores existentes.
- **Módulo de Gestión de Pedidos.** Se encargará de gestionar la realización de pedidos sobre productos además del contacto con proveedores vía correo electrónico.
- **Módulo de Estadísticas.** Se encargará de la generación y visualización de estadísticas acerca de ventas de productos y otras estadísticas generales relevantes para el comercio.
- **Módulo de Interfaz de Realidad Virtual y Configuración.** Se encargará de mostrar la interfaz de usuario para el menú principal y de configuración, y de la interacción con el usuario.
- **Módulo de Persistencia.** Se encargará de gestionar la base de datos y otras estructuras encargadas de mantener la persistencia de todos los datos y configuraciones dentro de la aplicación.

La relación existente entre los anteriores módulos se representa en el siguiente diagrama:

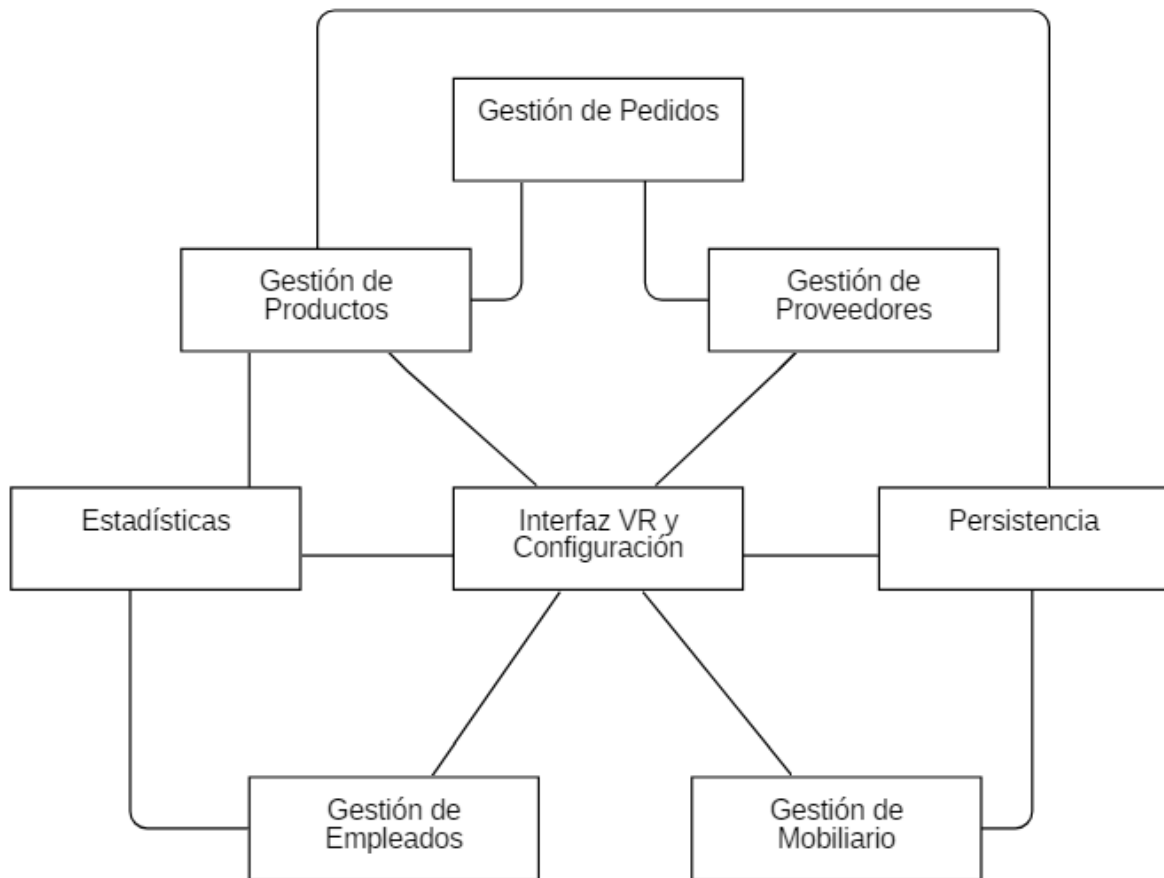


Ilustración 1 -Relación entre módulos de la aplicación

3.2 Requisitos funcionales

A continuación, se listan los requisitos funcionales derivados del análisis de las aplicaciones existentes en el mercado con relación a la gestión de negocios aplicando el enfoque de la realidad virtual. Dado que el usuario objetivo de esta aplicación será únicamente el gerente de un comercio, se da por supuesto que todos los requisitos descritos en este apartado hacen referencia a las capacidades que ofrece la solución al gerente.

Módulo de Gestión de Productos

- [RF 1] Listar los productos disponibles por categorías en una vista en 3D que permita la previsualización del producto.
- [RF 2] Dividir los productos en las siguientes categorías: televisiones, hornos, microondas, ordenadores, lavadoras y neveras.

- [RF 3] Colocar virtualmente un producto disponible en cualquier posición dentro de la tienda.
- [RF 4] Rotar, escalar y eliminar un producto colocado previamente en la tienda virtual.
- [RF 5] Visualizar el nombre, precio, cantidad de stock y sección a la que pertenece un producto localizado en la tienda a través de un panel informativo.

Módulo de Gestión de Mobiliario

- [RF 6] Listar el mobiliario disponible en una vista en 3D que permita la previsualización del mobiliario.
- [RF 7] Colocar virtualmente un mueble disponible en cualquier posición dentro de la tienda.
- [RF 8] Rotar, escalar y eliminar un mueble colocado previamente en la tienda virtual.

Módulo de Gestión de Empleados

- [RF 9] Listar los empleados registrados en el sistema.
- [RF 10] Añadir nuevos empleados al sistema.
- [RF 11] Visualizar el nombre, apellidos, DNI, salario y sección a la que pertenece un empleado a través de un panel informativo.
- [RF 12] Eliminar un empleado del sistema.
- [RF 13] Modificar la información existente de un empleado.

Módulo de Gestión de Proveedores

- [RF 14] Listar los proveedores registrados en el sistema.
- [RF 15] Añadir nuevos proveedores al sistema.
- [RF 16] Visualizar el nombre, correo electrónico y teléfono de los proveedores a través de un panel informativo.
- [RF 17] Eliminar un proveedor del sistema.
- [RF 18] Modificar la información existente de un proveedor.

Módulo de Gestión de Pedidos

- [RF 19] Registrar un pedido de una cierta cantidad de un producto específico.
- [RF 20] Visualizar el precio por unidad que ofrecen los distintos proveedores para un producto.
- [RF 21] Permitir la elección de un proveedor entre la lista de proveedores que ofertan un determinado producto.
- [RF 22] Contactar automáticamente con el proveedor al que se le ha solicitado un producto vía correo electrónico con todos los detalles del pedido.

Módulo de Estadísticas

- [RF 23] Visualizar las estadísticas de ventas de un producto dividido por años y a su vez por meses. Se mostrará el número de unidades vendidas en un gráfico de barras.
- [RF 24] Visualizar estadísticas generales sobre el comercio agrupadas por meses. Las estadísticas mostrarán: producto más vendido, producto menos vendido, empleado más productivo, empleado menos productivo, día más productivo y día menos productivo.

Módulo de Interfaz de Realidad Virtual y Configuración

- [RF 25] Agrupar el acceso a las diferentes funcionalidades en un menú principal.
- [RF 26] Gestionar el flujo entre los diferentes menús asegurando la consistencia de las interacciones con la interfaz gráfica.
- [RF 27] Mostrar un menú de configuración para personalizar diferentes opciones en la aplicación. Las opciones configurables serán: la cuenta de correo electrónico que se usará para contactar con los proveedores, la habilitación de la música de fondo y el volumen de esta.
- [RF 28] Exportar la configuración a un fichero JSON.
- [RF 29] Cargar la configuración desde un fichero JSON.
- [RF 30] Implementación de un sistema de ayudas gráfico que consistirá en etiquetas ancladas a los diferentes botones de los mandos para facilitar la familiarización del usuario con la aplicación.

Módulo de Persistencia

- [RF 31] Almacenar toda la información referente a productos, empleados, proveedores, pedidos y las relaciones entre todos ellos dentro de una base de datos relacional.
- [RF 32] Acceder a toda la información almacenada en la base de datos.
- [RF 33] Permitir guardar la disposición de productos y mobiliario dentro de la tienda en un fichero JSON.
- [RF 34] Permitir restaurar la disposición de productos y mobiliario dentro de la tienda desde un fichero JSON.

3.3 Requisitos no funcionales

Integridad de datos

- [RNF 1] Se mantiene la integridad de la información frente a cambios en la base de datos.

Rendimiento

- [RNF 2] Las transacciones con la base de datos deben realizarse en menos de 1 segundo.
- [RNF 3] El tiempo de inicio del sistema es menor a 2 minutos.

Usabilidad

- [RNF 4] El sistema cuenta con funcionalidad de ayuda al usuario.
- [RNF 5] El sistema cuenta con una interfaz gráfica que facilite su uso.

Compatibilidad

- [RNF 6] El sistema funcionará en plataformas PC con Windows 10 y soporte para realidad virtual.
- [RNF 7] El sistema funcionará en cualquier HMD compatible con la tecnología Windows Mixed Reality.

4 Diseño

4.1 Diagramas de flujo

En esta sección se exponen los diagramas de flujo correspondientes a los principales procesos que se llevan a cabo dentro de la aplicación. Los procesos tratados son los siguientes:

- Instanciación de un producto dentro de la tienda.
- Instanciación de mobiliario dentro de la tienda.
- Escalado y rotación de objetos.
- Realización de un pedido para un producto.
- Adición de empleados y proveedores al sistema.
- Edición de empleados y proveedores previamente registrados en el sistema.
- Consulta de información acerca de empleados y proveedores.
- Consulta de estadísticas de ventas y generales.
- Configuración de la aplicación.

Los diagramas correspondientes a los procesos anteriores se encuentran disponibles en el Anexo A de este documento.

4.2 Base de datos

Un buen diseño de las estructuras de datos que se utilizarán para almacenar toda la información necesaria es vital para asegurar el buen rendimiento de la aplicación. En nuestro caso, utilizaremos las herramientas proporcionadas por el entorno XAMPP que unifica una distribución de servidor Apache junto con una base de datos MySQL a la que accederemos mediante llamadas a módulos en PHP.

La estructura de la base de datos consiste en las siguientes relaciones:

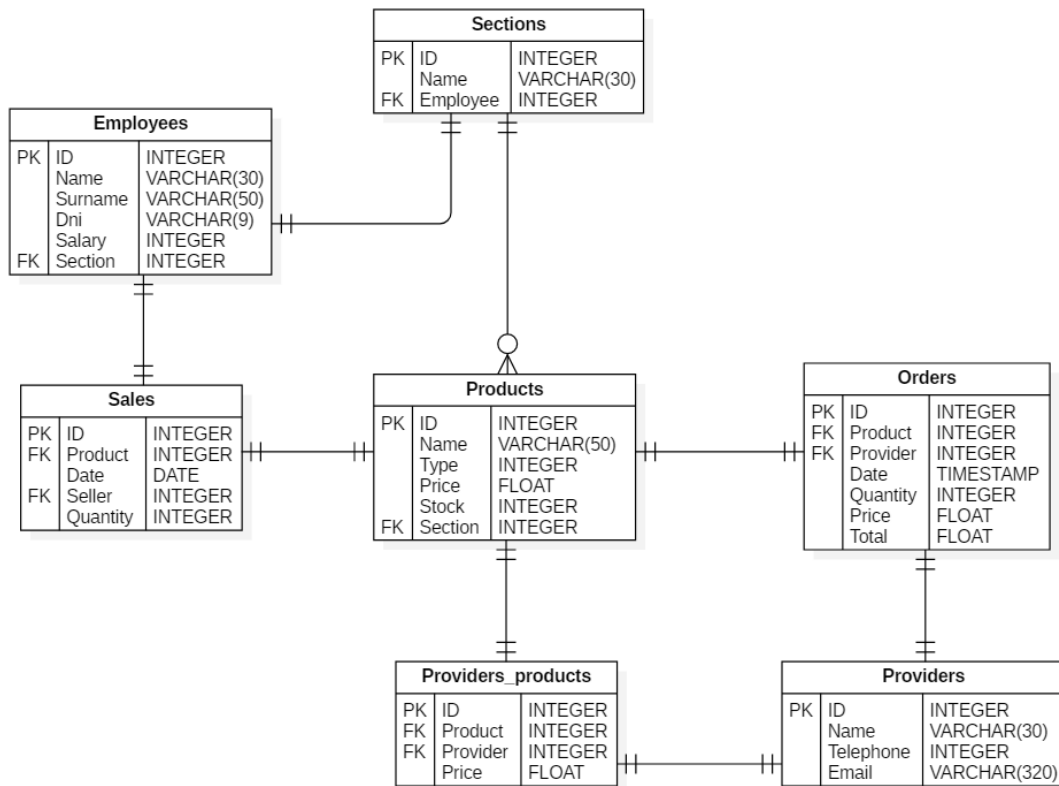


Ilustración 2 – Estructura de la base de datos

- **Products:** Almacena la información correspondiente a los productos. En concreto, su nombre, tipo, precio, cantidad de stock y sección a la que pertenece.
- **Employees:** Almacena la información correspondiente a los empleados. En concreto, su nombre, apellido, DNI, salario y sección en la que trabaja.
- **Providers:** Almacena la información correspondiente a los proveedores. En concreto, su nombre, teléfono de contacto y correo electrónico.
- **Sales:** Almacena la información correspondiente a las ventas. En concreto, el producto vendido, fecha de la venta, vendedor y cantidad vendida.
- **Orders:** Almacena la información correspondiente a los pedidos realizados. En concreto, el producto solicitado, el proveedor al que se le solicitó, la fecha del pedido, la cantidad, el precio unitario y el importe total del pedido.

- **Providers_products:** Almacena la información que relaciona un proveedor con los productos que ofrece. En concreto, el producto ofrecido, el proveedor que lo ofrece y el precio unitario propuesto por el proveedor.
- **Sections:** Almacena la información correspondiente a las secciones de la tienda. En concreto, el nombre de la sección y el empleado asignado a esta.

4.3 Persistencia

En esta sección se exponen los mecanismos desarrollados para asegurar la persistencia en la localización de productos y mobiliario dentro de la tienda cuando sea requerido por el usuario. Por otro lado, se expone cómo se ha diseñado la estructura de datos que permite almacenar las opciones de configuración de la aplicación.

4.3.1 Persistencia en la disposición virtual de objetos

Una de las principales funcionalidades de la aplicación es permitir al usuario ver cómo sería la tienda en realidad. Para ello, se ha desarrollado un sistema que permite posicionar virtualmente los diferentes objetos que conforman la tienda. Con el objetivo de almacenar toda la información correspondiente a la localización de estos objetos para su posterior restauración, se ha diseñado un sistema de persistencia de esta disposición.

El sistema consiste en el almacenamiento local de un fichero JSON que contendrá toda la información necesaria para poder restaurar el estado de la tienda en futuras ejecuciones de la aplicación. La estructura de este fichero es la siguiente:

```

"productLocations": [
  {
    "name": "Television1",
    "xPos": -0.526348352432251,
    "yPos": 0.000004172325134277344,
    "zPos": 3.9660167694001799,
    "xRot": 0.0,
    "yRot": 0.0,
    "zRot": 0.0,
    "xScale": 1.0,
    "yScale": 1.0,
    "zScale": 1.0
  }
],
"furnitureLocations": [
  {
    "name": "Cartelería1",
    "xPos": -4.067130088806152,
    "yPos": 0.0,
    "zPos": 2.655384063720703,
    "xRot": 0.0,
    "yRot": 0.0,
    "zRot": 0.0,
    "xScale": 1.0,
    "yScale": 1.0,
    "zScale": 1.0
  }
]

```

Ilustración 3 – Estructura del JSON de localizaciones

Como se puede observar, el fichero está dividido en dos campos principales: *productLocations* y *furnitureLocations*. Estos hacen referencia a la localización de productos y mobiliario, respectivamente. Ambos consisten en una lista en la que cada elemento es un producto o un mueble. Por cada objeto se almacena el nombre de este y 3 vectores tridimensionales que corresponden a la posición, rotación y escala del objeto. A partir de este fichero, el sistema es capaz de restaurar todos los objetos en su lugar.

4.3.2 Persistencia de la configuración.

De forma similar a la persistencia de la localización, las opciones de configuración se almacenan en otro fichero JSON que sigue la siguiente estructura:

```
{
  "volume": 1.0,
  "audioActive": true,
  "email": "correo@dominio.com",
  "pass": *****
}
```

Ilustración 4 – Estructura del JSON de configuración

El fichero está conformado por 4 campos:

- **volume:** almacena el valor del volumen en un rango entre 0.0 y 1.0
- **audioActive:** establece si la música de fondo está activada o no.
- **email:** almacena la dirección de correo electrónico que se utilizará para contactar con los proveedores a la hora de realizar un pedido.
- **pass:** almacena la contraseña de la cuenta de correo anterior.

5 Desarrollo

En esta sección se expondrán detalladamente las tecnologías utilizadas junto con el proceso de desarrollo de los módulos definidos en el apartado de análisis, así como los métodos de acceso a la base de datos desde Unity.

5.1 Tecnologías utilizadas en el desarrollo

Para el desarrollo de este trabajo se han utilizado numerosas tecnologías de diferentes ámbitos. A continuación, se exponen dichas tecnologías junto con el uso que se le han dado dentro de la solución.



El entorno de Unity3D ha sido la base de este proyecto. En él se ha desarrollado la mayoría de las funcionalidades de realidad virtual.

El lenguaje de programación utilizado por Unity para la creación de los scripts que conformarán el núcleo de la aplicación es C#. En concreto, se ha utilizado una implementación de código abierto sobre .NET denominada Mono.



Se ha utilizado XAMPP para unificar todo el software necesario para la creación y acceso a la base de datos utilizada por la aplicación. XAMPP incluye todo lo necesario para esta tarea como es una distribución de Apache, un gestor de bases de datos en MySQL y soporte para PHP.



Mixed Reality Toolkit es un *framework* en desarrollo por Microsoft que tiene como objetivo facilitar el acceso a las funcionalidades de los dispositivos WMR desde Unity.

Para la organización y el seguimiento del trabajo realizado durante todo el desarrollo se ha utilizado la herramienta de gestión de proyectos Trello cuyo enlace al tablero de este trabajo se encuentra disponible en la sección de referencias^[18]



5.2 Acceso a la base datos desde Unity

Para facilitar el acceso a la información almacenada en la base de datos desde la plataforma Unity, se utilizarán peticiones HTTP dirigidas al servidor Apache. Dicho servidor alojará los módulos en PHP encargados de realizar las consultas a la base de datos. Una vez realizadas las consultas se devolverá el resultado en texto plano para ser fácilmente procesado por el cliente de Unity. La respuesta del servidor a una consulta realizada por el cliente seguirá el siguiente formato:

- Para los atributos de un registro: **campo:valor**
- Cada campo se separará mediante el carácter de barra vertical: '|'
- Cada registro se separará mediante un punto y coma: ';'.

En cuanto a la petición por parte de Unity, se seguirá el siguiente formato:

dominio/businessmanagementvr/**Modulo.php**?arg1=valor1&arg2=valor2&...

Los módulos en PHP desarrollados en este proyecto se exponen en la siguiente tabla:

Módulo	Descripción	Argumentos
AddEmployee.php	Añade un empleado	name
		surname
		dni
		salary
		section
AddOrder.php	Añade un pedido	product
		provider
		quantity
		price
		total
AddProvider.php	Añade un proveedor	name
		tlf
		email
ProductStatistics.php	Obtiene estadísticas de ventas de un producto	product
		date
SalesGeneralStatistics.php	Obtiene estadísticas generales	month
		year
SearchProduct.php	Obtiene un producto	name
		type
		price
		min_price
		max_price
		stock
		min_stock
		max_stock
		section
provider		

SearchProvider.php	Obtiene un proveedor	name
		product
SearchEmployee.php	Obtiene un empleado	name
		surname
		dni
		max_salary
		min_salary
		salary
UpdateEmployee.php	Actualiza la información de un empleado	section
		id
		name
		surname
		dni
		salary
UpdateProvider.php	Actualiza la información de un proveedor	section
		delete
		id
		name
UploadConfig.php	Sube el fichero de localizaciones al servidor	tlf
		email
		data

Tabla 1 - Descripción de los módulos PHP para acceso a la base de datos

A modo de ejemplo, se muestra el resultado obtenido para la siguiente consulta que busca los productos correspondientes a la sección 1 y cuyo stock disponible es igual o superior a 30 unidades.

Consulta:

dominio/businessmanagementvr/SearchProduct.php?section=1&min_stock=30

Resultado:

Id:3|Name:Television3|Type:0|Price:300|Stock:30|Section:1;
 Id:4|Name:Television4|Type:0|Price:400|Stock:40|Section:1;
 Id:5|Name:Television5|Type:0|Price:500|Stock:50|Section:1;

5.3 Desarrollo de los módulos

En los siguientes subapartados se expone cómo se ha llevado a cabo el desarrollo de todos los módulos que conforman la aplicación. La mayoría de ellos han sido implementados completamente dentro del entorno de desarrollo de Unity y utilizan los métodos de acceso a la base de datos y estructuras de persistencia descritos en los apartados anteriores. Para una visión más detallada de los módulos, se recomienda acudir al Anexo B donde se muestran todos los diagramas de clase de la aplicación.

5.3.1 Módulo de Interfaz VR y Configuración

El módulo de interfaz VR y configuración incluye el menú principal desde el que se permite el acceso al resto de funcionalidades de la aplicación. Para su desarrollo se han tenido en cuenta las posibilidades que ofrece la tecnología de realidad virtual en cuanto a interacción con el usuario se refiere.



Ilustración 5 – Menú principal

Como se puede observar, el menú consta de 8 botones flotantes que podremos seleccionar haciendo uso del puntero láser disponible en ambos mandos. Este menú, al igual que el resto de la interfaz gráfica, posee un componente que le permite pivotar alrededor del usuario de manera que siempre se muestre en frente del usuario, independientemente de hacia dónde este mirando.

Desde este menú podemos acceder al resto de funcionalidades de la aplicación. En concreto, tenemos acceso a los productos, mobiliario, gestión de empleados y proveedores, estadísticas generales, guardado y descarga del estado de la tienda y, por último, a la configuración.

Para facilitar la familiarización con el entorno de realidad virtual, se ha implementado un sistema de ayuda en forma de etiquetas adjuntas a cada uno de los botones de los mandos. Estas etiquetas cambian automáticamente según el menú en el que se encuentre el usuario y pueden ser desactivadas completamente una vez se haya familiarizado con los controles.

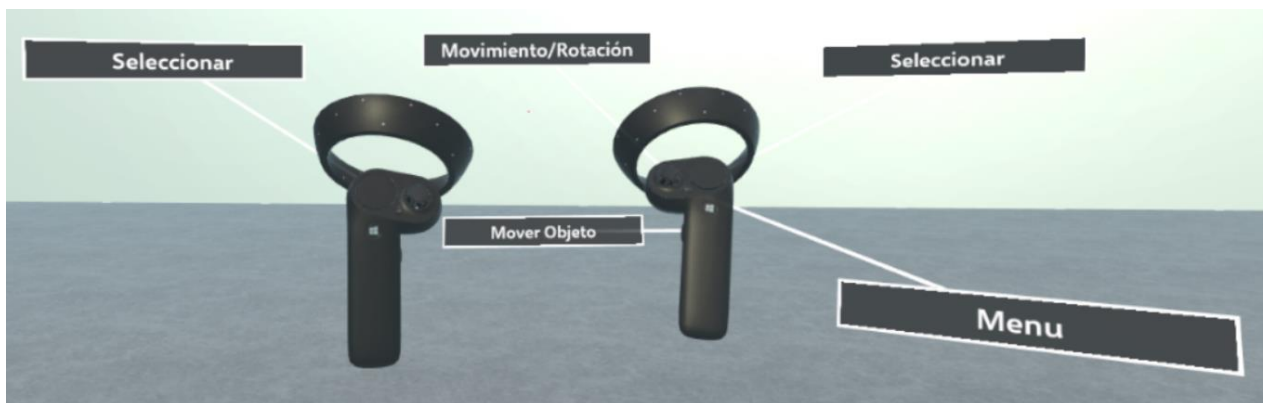


Ilustración 6 – Etiquetas de ayuda

El sistema de ayuda se ha diseñado pensando en la escalabilidad de la aplicación de tal manera que se puedan asignar fácilmente nuevas etiquetas a cualquiera de los botones en caso de ampliarse las funcionalidades.

Por último, en este módulo se ha incluido el menú de configuración de la aplicación que permite establecer gráficamente las diferentes opciones descritas en el apartado 4.3.2



Ilustración 7 – Menú de configuración

5.3.2 Módulo de Persistencia

El módulo de persistencia se compone principalmente de dos componentes: *DatabaseManager* y *StoreConfigurationManager*. El primero es el encargado de obtener toda la información solicitada por la aplicación desde la base de datos. El segundo es el encargado de gestionar el estado de todos los objetos dentro de la tienda con el objetivo de guardar o restaurar la localización de estos en cualquier momento.

La base de *DatabaseManager* es una cola de llamadas a los módulos de acceso a la base de datos en PHP. Cada vez que la aplicación necesita acceder a la base de datos, se encola la petición que será lanzada lo antes posible. Las llamadas consisten en peticiones GET contra el servidor de Apache utilizando el formato descrito en el apartado 5.2. Cuando se obtiene la respuesta, este módulo se encarga de parsear los datos obtenidos a las clases que lo requieran para su posterior utilización dentro de la aplicación.

Por otro lado, *StoreConfigurationManager* se encarga de tener el control de todos los objetos instanciados dentro de la tienda. Cuando se le solicita guardar el estado de la tienda, este módulo genera el fichero JSON descrito en el apartado 4.3.1 y lo sube al servidor. De manera inversa, cuando se solicita restaurar el estado de la tienda, descarga el fichero JSON del servidor e instancia todos los objetos incluidos en este fichero en su posición, rotación y escala original.

5.3.3 Módulo de gestión de Productos

El módulo de gestión de productos se encarga principalmente de permitir al usuario previsualizar los productos disponibles, colocar estos a su gusto dentro de la tienda y obtener información sobre ellos.

La forma de instanciar productos consiste en una paleta sobre la mano izquierda que mostrará una miniatura de los productos disponibles. Con ayuda de las flechas o los botones del mando, podremos navegar entre las distintas categorías de productos. Cuando seleccionemos una categoría, su miniatura comenzará a girar sobre sí misma indicando que estamos dentro de esa categoría. En este momento, podremos navegar por los productos de la categoría seleccionada e instanciar cualquiera de ellos en la tienda pulsando sobre él.



Ilustración 9 – Selección de productos

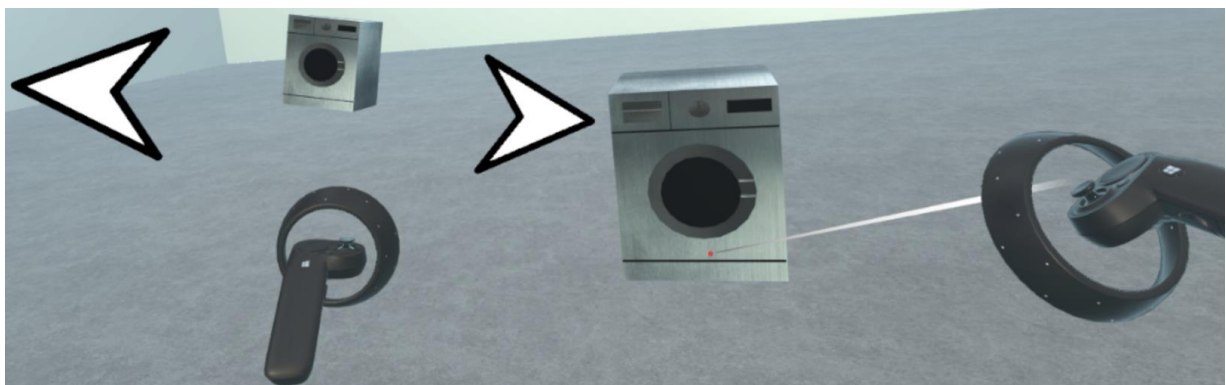


Ilustración 8 - Instanciación de productos

Una vez instanciado un producto, podemos pulsar sobre él para desplegar un panel informativo a la izquierda de nuestra mano derecha. Como se puede observar, el panel muestra información sobre el producto y contiene dos botones para realizar un pedido sobre ese producto o ver sus estadísticas de venta. El panel se puede cerrar pulsando el cuadrado rojo de la esquina superior derecha.



Ilustración 10 – Panel de información de un producto

Adicionalmente, podemos rotar o escalar cualquier producto a través de la barra flotante que aparece al instanciarlo. Si pulsamos sobre el botón izquierdo, se nos mostrará una caja rodeando el objeto que nos permitirá rotarlo o escalarlo a nuestro gusto.

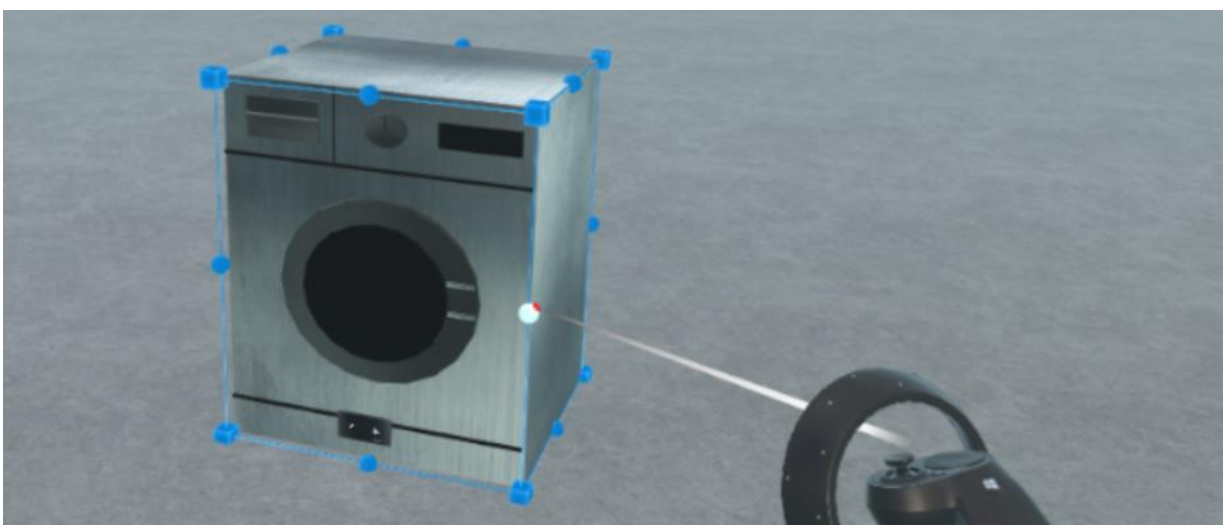


Ilustración 11 – Escala y rotación de un objeto

5.3.4 Módulo de gestión de Mobiliario

Análogamente a la instanciación de productos, también podemos instanciar mobiliario de la tienda. A modo de demostración, se han introducido algunos ejemplos de mobiliario en la aplicación, como son: cajeros, puestos de atención al cliente, cartelería, máquinas de refrescos o puertas de seguridad, entre otros. Todos ellos se insertan de igual manera que los productos, con la diferencia de que no obtenemos información sobre el mobiliario al pulsar sobre él. La funcionalidad de rotación y escalado también está presente en los objetos de mobiliario.

Un elemento que destacar dentro del mobiliario son los estantes. En concreto, se han implementado dos tipos: estantes de pared y mostradores. La peculiaridad de estos dos objetos es la posibilidad de instanciar objetos encima de ellos. Además, los estantes de pared se han diseñado de tal manera que son magnéticos a las paredes y, por lo tanto, se quedan acoplados a ellas independientemente de su forma.

5.3.5 Módulo de gestión de Empleados

El módulo de gestión de empleados permite agrupar en un mismo lugar toda la información relativa a los empleados. El diseño de este módulo consiste en una rejilla flotante en forma de semiesfera en la que cada celda corresponde a un empleado.

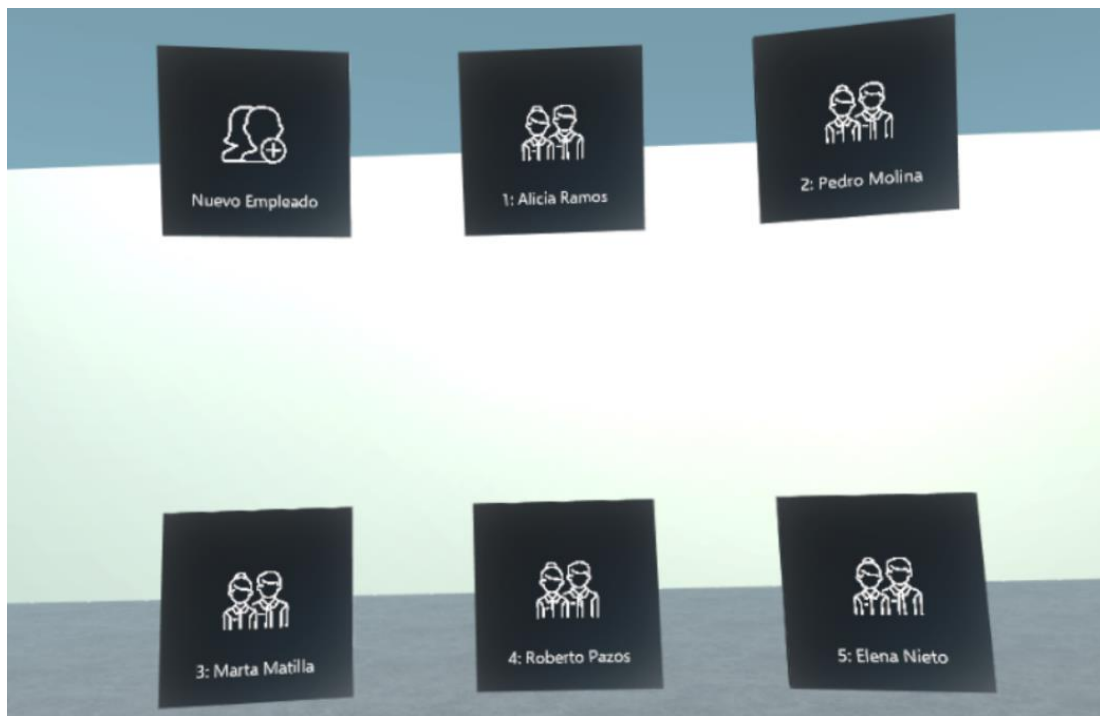


Ilustración 12 – Menú de gestión de empleados

Si pulsamos sobre cualquier celda obtendremos la información relativa a ese empleado en forma de panel en la mano derecha al igual que ocurría con los productos. Desde este panel podemos editar la información del empleado correspondiente o eliminarlo del sistema.



Ilustración 13 – Panel de información de un empleado

Adicionalmente, la celda superior izquierda permite añadir un nuevo empleado al sistema. Para ello, se ha diseñado un formulario flotante donde podremos rellenar los campos necesarios a través de un teclado flotante. Si la información introducida supera la validación de campos, el nuevo empleado será añadido a la base de datos.



Ilustración 14 – Formulario para añadir un empleado

5.3.6 Módulo de gestión de Proveedores

De forma similar a la gestión de empleados, el módulo de gestión de proveedores permite tener una visión global de todos los proveedores registrados en el sistema. La disposición y acceso a estos consiste en la misma rejilla flotante junto con el panel de información análogo al utilizado para el módulo de empleados.

De igual manera, este módulo permite añadir nuevos proveedores al sistema o editar y eliminar aquellos que ya estén registrados.

5.3.7 Módulo de gestión de Pedidos

El módulo de gestión de pedidos permite notificar a los proveedores la necesidad de cierta cantidad de un producto específico. Para ello, se hace uso de la relación *Providers_products* que muestra los productos asociados a cada proveedor junto con el precio unitario al que dicho proveedor oferta ese producto.

El flujo para realizar un pedido parte del hecho de tener un producto instanciado en la tienda. Desde el panel de información de ese producto podemos pulsar en el botón “Hacer Pedido” lo que nos mostrará una selección de los proveedores que ofertan ese producto.

Al seleccionar uno de los proveedores disponibles, nos aparecerá un panel en la mano derecha con información sobre el pedido que estamos realizando. A través de este panel podemos ver el nombre del proveedor junto al precio unitario del producto. Deslizando el *slider* de cantidad, podemos indicar cuántas unidades del producto queremos encargar mostrándose el precio total del pedido.



Ilustración 15 – Panel para realizar un pedido

Al pulsar en “Confirmar” se nos pedirá confirmación del pedido y, en caso de estar todo correcto, se registrará este en la base de datos y se enviará un correo electrónico automatizado desde la cuenta especificada en la configuración hacia la cuenta del proveedor correspondiente. El cuerpo del correo electrónico es el siguiente:

Estimado [Nombre del proveedor]:

Desde BusinessManagementVR solicitamos el envío de [X] unidades del producto [Producto] cuyo precio estipulado a día de la solicitud es de [Precio unitario]€/ud por lo que el pedido alcanza la suma de [Precio total]€.

Muchas gracias,

BusinessManagementVR

5.3.8 Módulo de Estadísticas

El desarrollo del módulo de estadísticas está basado en dos tipos de información que podrían interesar al gerente de un comercio: la información sobre ventas de cada producto en particular y una serie de estadísticas generales sobre la tienda en su conjunto.

En cuanto a las estadísticas de ventas de cada producto, podemos acceder a las mismas desde el panel de información del producto pulsando el botón “Estadísticas”. Esto nos abrirá un nuevo panel en la parte superior de la mano derecha donde podremos ver un gráfico de barras con las unidades vendidas según el mes. Mediante el touchpad del mando derecho podremos navegar entre los distintos años para ver las estadísticas correspondientes.

Por otro lado, el acceso a las estadísticas generales se realiza desde el menú principal a través del botón de “Estadísticas”. Al pulsarlo, se nos mostrará un panel flotante en el que podremos ver diferentes datos sobre el comercio. En concreto, se muestra información sobre:

- Producto más vendido y producto menos vendido;
- Empleado más productivo y empleado menos productivo (por número de ventas asociadas);
- Día más productivo y día menos productivo (por número de ventas).

Al igual que en las estadísticas de un producto, la agregación se hace por meses y años, y podemos navegar entre las distintas fechas utilizando el touchpad del mando derecho.

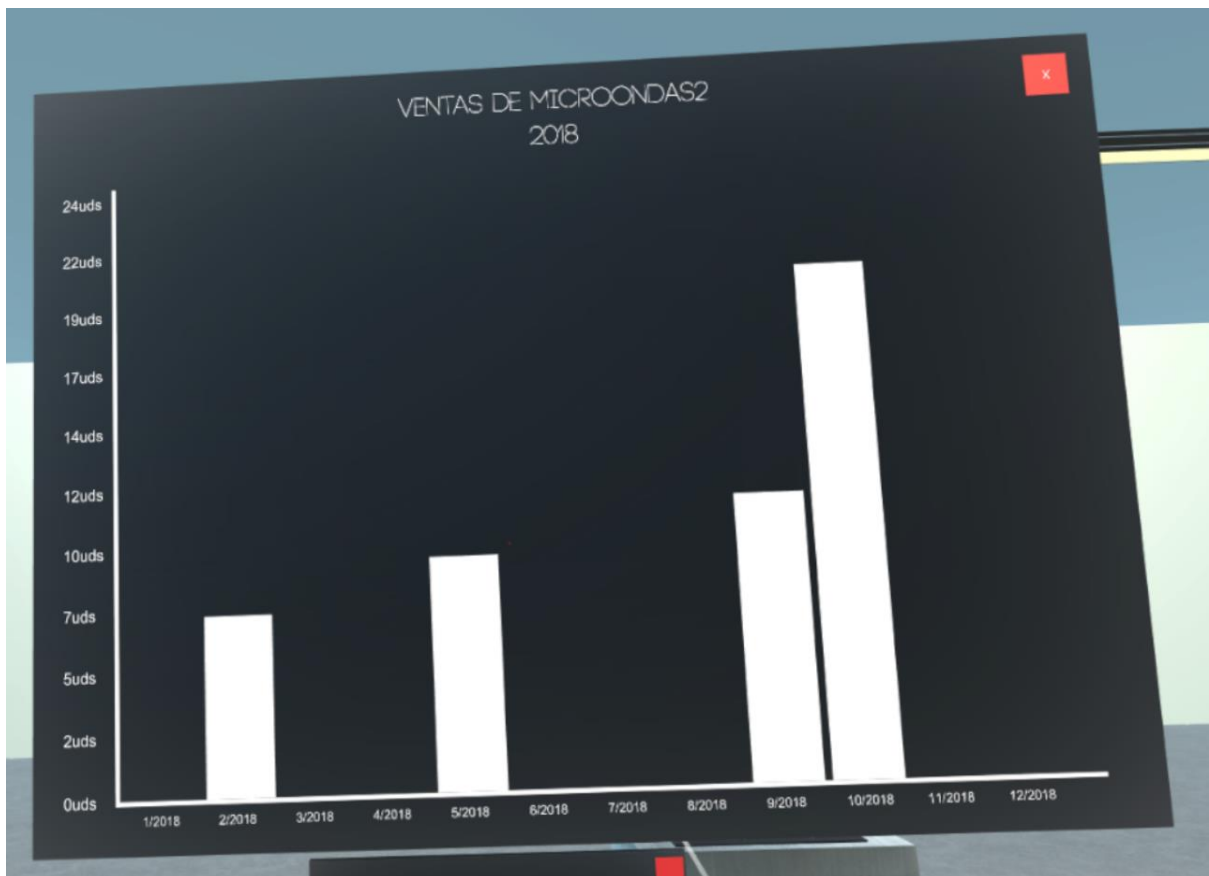


Ilustración 16 – Estadísticas de ventas de un producto

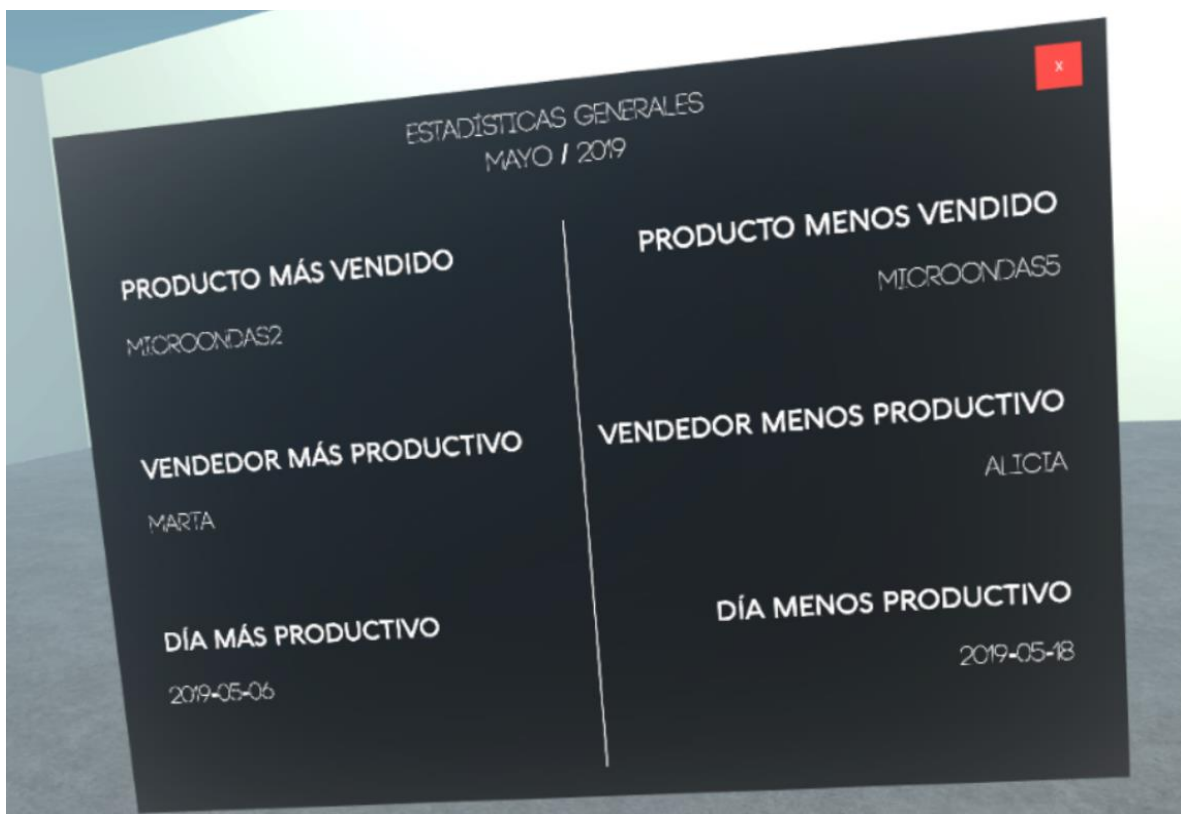


Ilustración 17 – Estadísticas generales del comercio

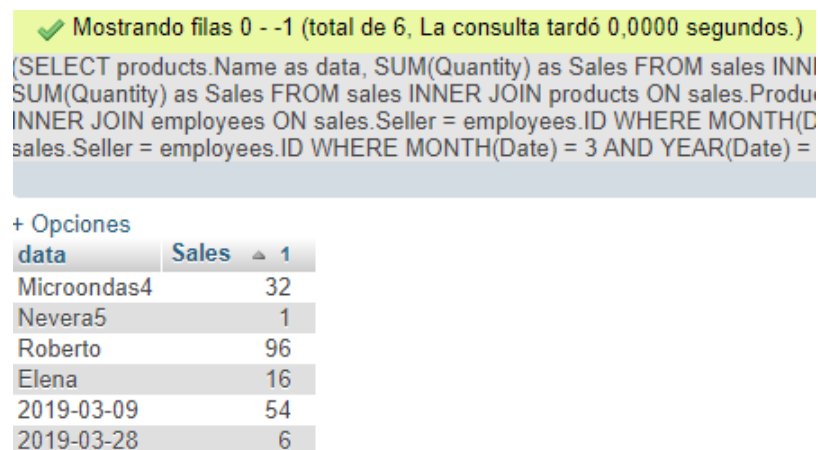
6 Pruebas y resultados

Las pruebas realizadas las podemos dividir en dos bloques según el sistema al que afectan: pruebas contra la base de datos y pruebas contra la aplicación VR. En ambos casos las pruebas han tenido el objetivo de asegurar la estabilidad e integridad de los componentes de este trabajo y verificar que el rendimiento de la aplicación es el esperado.

6.1 Pruebas contra la base de datos

Las pruebas realizadas han sido las siguientes:

- **Pruebas de consistencia de los datos.** Se ha probado si los módulos son robustos frente a la introducción de datos erróneos o incompletos. Utilizando los formularios para añadir empleados y proveedores, comprobamos que el sistema alerta al usuario cuando alguno de los campos introducidos no es correcto y le permite editar los mismos antes de volver a intentarlo.
- **Pruebas de integridad.** Se ha probado que la actualización o modificación de los datos es consistente y que los triggers implementados realizan las modificaciones necesarias de manera eficaz y correcta.
- **Pruebas de rendimiento.** Se han puesto a prueba las consultas con mayor carga de procesamiento para verificar que el rendimiento de estas se encuentra dentro de los parámetros aceptables. En concreto, las consultas que más coste implican son las relacionadas con la generación de estadísticas. Para probar el rendimiento en estas consultas, se ha poblado la base de datos con 300 productos diferentes y 1343 registros de venta. Como se puede observar, la consulta se ha ejecutado en un tiempo ínfimo:



Mostrando filas 0 --1 (total de 6, La consulta tardó 0,0000 segundos.)

```
(SELECT products.Name as data, SUM(Quantity) as Sales FROM sales INNER JOIN products ON sales.ProductID = products.ProductID INNER JOIN employees ON sales.Seller = employees.ID WHERE MONTH(Date) = 3 AND YEAR(Date) = 2019)
```

+ Opciones

data	Sales
Microondas4	32
Nevera5	1
Roberto	96
Elena	16
2019-03-09	54
2019-03-28	6

Ilustración 18 – Complejidad temporal de la consulta más costosa

6.2 Pruebas contra la aplicación VR

Las pruebas realizadas contra la aplicación han sido pruebas prácticas contra la funcionalidad implementada. La naturaleza de las aplicaciones de realidad virtual dificulta la automatización de la mayoría de las pruebas, por lo que estas se han realizado una a una de forma manual. En concreto, la batería de pruebas realizadas se ha dividido según los diferentes módulos:

- **Módulo de Interfaz VR y Configuración:**
 - El menú se abre y cierra correctamente, todos los submenús son accesibles desde él y la navegación entre ellos funciona como se espera.
 - El seguimiento de la mirada del usuario en aquellos elementos de la interfaz gráfica que lo poseen funciona correctamente.
 - Todas las opciones de configuración funcionan como se espera.
 - El sistema de ayuda muestra la información correcta según la funcionalidad que esté utilizando el usuario en cada momento.

- **Módulo de Persistencia:**
 - Se generan correctamente los ficheros de JSON con la localización de los objetos y la configuración del usuario.
 - Se almacenan correctamente dichos ficheros en el servidor de Apache.
 - Se realiza correctamente la descarga de dichos ficheros y la restauración de los objetos y configuración.

- **Módulo de gestión de Productos:**
 - Se listan todos los productos disponibles con una miniatura 3D.
 - Se puede navegar correctamente por todas las categorías.
 - Se puede instanciar cualquiera de los productos disponibles.
 - Las funciones de escalado, rotación y eliminación de productos funcionan como se espera.
 - La información de los productos corresponde con la existente en la base de datos.
 - Las funcionalidades del panel de información son accesibles.

- **Módulo de gestión de Mobiliario:**
 - Se lista todo el mobiliario disponible con una miniatura 3D.
 - Se puede instanciar cualquier mueble disponible.
 - Las funciones de escalado, rotación y eliminación de muebles funcionan como se espera.
 - Los objetos con la funcionalidad de estante permiten colocar productos encima y se ajustan a las paredes y suelo de la tienda.

- **Módulo de gestión de Empleados:**
 - Se listan correctamente todos los empleados registrados en el sistema.
 - El panel de información muestra correctamente los datos de los empleados.
 - Se pueden añadir nuevos empleados al sistema y editar o eliminar los existentes.
 - Los campos introducidos al añadir o editar empleados son validados correctamente antes de la inserción o actualización de la base de datos.

- **Módulo de gestión de Proveedores:**
 - Se listan correctamente todos los proveedores registrados en el sistema.
 - El panel de información muestra correctamente los datos de los proveedores.
 - Se pueden añadir nuevos proveedores al sistema y editar o eliminar los existentes.
 - Los campos introducidos al añadir o editar proveedores son validados correctamente antes de la inserción o actualización de la base de datos.

- **Módulo de gestión de Pedidos:**
 - Se listan correctamente los proveedores que ofrecen un determinado producto.
 - La información de los precios corresponde a la disponible en la base de datos.

- Se puede seleccionar la cantidad de unidades necesarias y el precio total se calcula y actualiza correctamente.
- Los pedidos se registran correctamente en la base de datos.
- Se envía correctamente el correo electrónico al proveedor con los datos del pedido realizado.

- **Módulo de Estadísticas:**

- Se muestra correctamente el gráfico de barras sobre las ventas de un producto y los datos corresponden a los presentes en la base de datos.
- Se muestra correctamente el panel de estadísticas generales y la información corresponde a la disponible en la base de datos.
- Se permite la navegación entre las diferentes fechas disponibles.

7 Conclusiones y trabajo futuro

7.1 Conclusiones

Las tecnologías de realidad virtual están demostrando tener un gran potencial en casi cualquier campo al que se aplican. Estas revolucionan la forma tradicional de interactuar con una aplicación ofreciendo al usuario una nueva experiencia mucho más intuitiva y amena.

Con el abaratamiento de los costes en los dispositivos y la creciente demanda de profesionales especializados en este campo, es de esperar que en un futuro cercano se incluya esta tecnología en numerosos aspectos de nuestra vida cotidiana.

Este trabajo ha servido como una introducción en el desarrollo de este tipo de aplicaciones proporcionando una base de conocimiento de las técnicas utilizadas en realidad virtual. Se han adquirido conocimientos sobre nuevas formas de interacción con el entorno y sobre la implementación de interfaces de usuario inmersivas que mejoran la usabilidad del sistema.

Durante el desarrollo de este trabajo, se han utilizado muchos de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera. Por la parte de ingeniería de software, destaca el análisis de requisitos que comprende una tarea fundamental para el éxito de cualquier proyecto, así como la confección de los diagramas de flujo que clarifiquen el funcionamiento esperado de la aplicación. En cuanto a las tecnologías aprendidas durante la carrera y utilizadas en este proyecto podemos destacar:

- El entorno de desarrollo de Unity que ha resultado una herramienta muy potente para el desarrollo de aplicaciones 3D.
- El sistema de base de datos relacional basado en MySQL que ha conformado la fuente de información para la aplicación junto con el lenguaje SQL para la confección de las consultas requeridas.
- El uso de un servidor web como Apache junto con PHP para gestionar el acceso a la base de datos y los diferentes archivos alojados.
- La utilización de herramientas de gestión de proyectos como Trello para un seguimiento adecuado del estado de este trabajo en cualquier momento.

En conclusión, este trabajo me ha permitido aumentar los conocimientos de aquellas tecnologías que ya conocía previamente y adquirir nuevas habilidades en aquellos campos que resultaban nuevos para mí. Todo ello dentro un entorno de actualidad que ha fomentado la motivación en la realización de este trabajo.

7.2 Trabajo futuro

Del propio desarrollo de este TFG han ido surgiendo nuevas ideas para la mejora y extensión de la funcionalidad presente en este trabajo. A continuación, se listan dichas ideas con el objetivo de mejorar el producto en un futuro:

1. Sistema de notificación de eventos dentro de la tienda que pueden provenir de diferentes fuentes entre las que se incluyen alertas generadas por los empleados o por proveedores y notificaciones programadas por el gerente, como puede ser un aviso por falta de stock en algún producto.
2. Desarrollo de una aplicación móvil destinada a los empleados de la tienda, y que esté totalmente conectada con la aplicación VR del gerente.
3. Asociación de productos con proveedores directamente desde la aplicación VR.
4. Listado de los pedidos realizados dentro de la aplicación VR.
5. Sistema que permita definir un tamaño personalizado para la tienda.
6. Aumentar la personalización de la tienda con elección de texturas para el suelo, paredes, puertas, un catálogo más amplio de mobiliario, etc.

Referencias

- [1] Carlos García Moreno, “Realidad virtual en el ámbito empresarial”
<https://www.indracompany.com/es/blogneo/realidad-virtual-ambito-empresarial>
- [2] <https://www.oculus.com/go/>
- [3] <https://es.wikipedia.org/wiki/Comercio#Historia>
- [4] <https://www.nextar.com/es>
- [5] <https://sistemaspaez.com/gestion-de-inventarios-con-alvendi/>
- [6] <https://www.ezofficeinventory.com/features>
- [7] <https://www.freshworks.com/freshsales-crm/>
- [8] <https://www.exact.com/es/software/soluciones/crm/>
- [9] Max Kohl, “Estereoscopio”
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/51674>
- [10] <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/who-invented-it.html>
- [11] <https://computerhoy.com/noticias/zona-gaming/realidad-virtual-origen-presente-futuro-48254>
- [12] <https://www.samsung.com/global/galaxy/gear-vr/>
- [13] <https://www.oculus.com/rift/#oui-csl-rift-games=mages-tale>
- [14] <https://www.microsoft.com/en-us/windows/windows-mixed-reality>
- [15] <https://webvr.info/>
- [16] <https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4>
- [17] <https://www.cuevadelobo.com/ventajas-desventajas-unreal-engine-4/>
- [18] <https://trello.com/b/JIHD0ftl/tfg>

Glosario

API	Application Programming Interface
CRM	Customer Relationship Management
HMD	Head Mounted Display
IDE	Integrated Development Environment
JSON	JavaScript Object Notation
TFG	Trabajo de Fin de Grado
TPV	Terminal de Punto de Venta
UI	User Interface
VR	Virtual Reality
WMR	Windows Mixed Reality

Anexos

A Diagramas de flujo

Instanciación de un producto dentro de la tienda

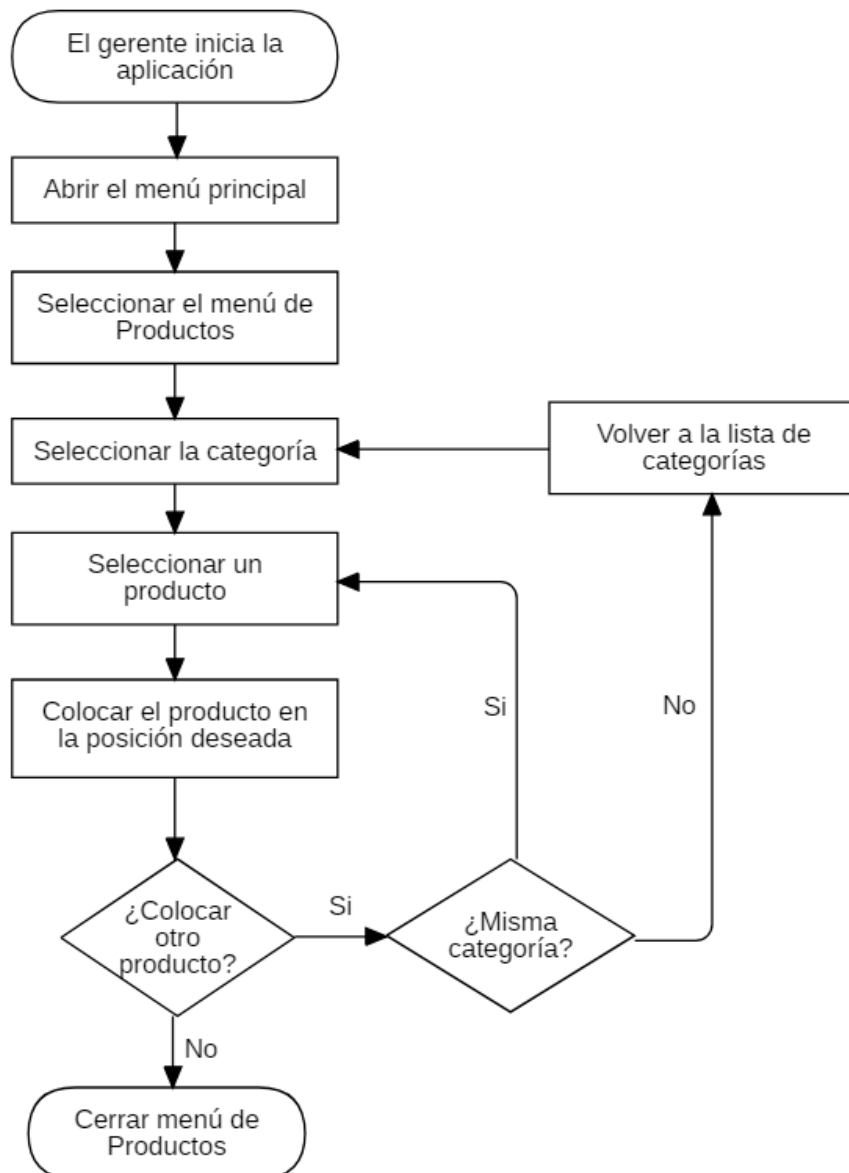


Ilustración 19 - Instanciación de un producto dentro de la tienda

Instanciación de mobiliario dentro de la tienda

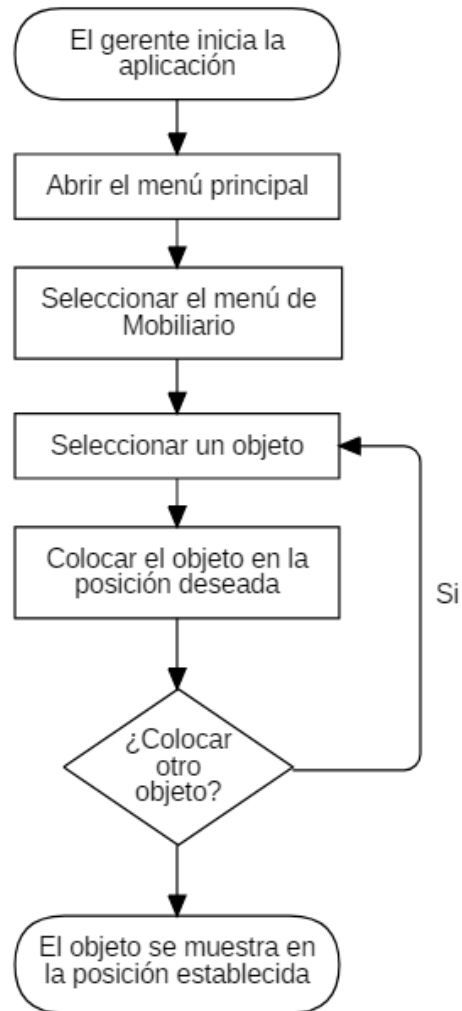


Ilustración 20 - Instanciación de mobiliario dentro de la tienda

Escalado y rotación de objetos

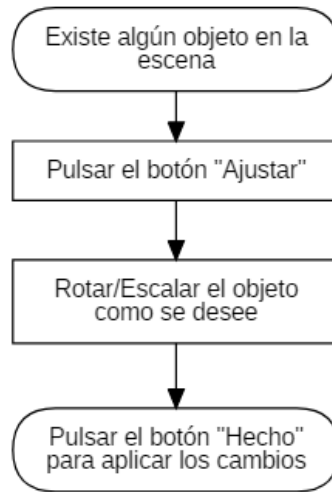


Ilustración 21 - Escalado y rotación de objetos

Realización de un pedido para un producto

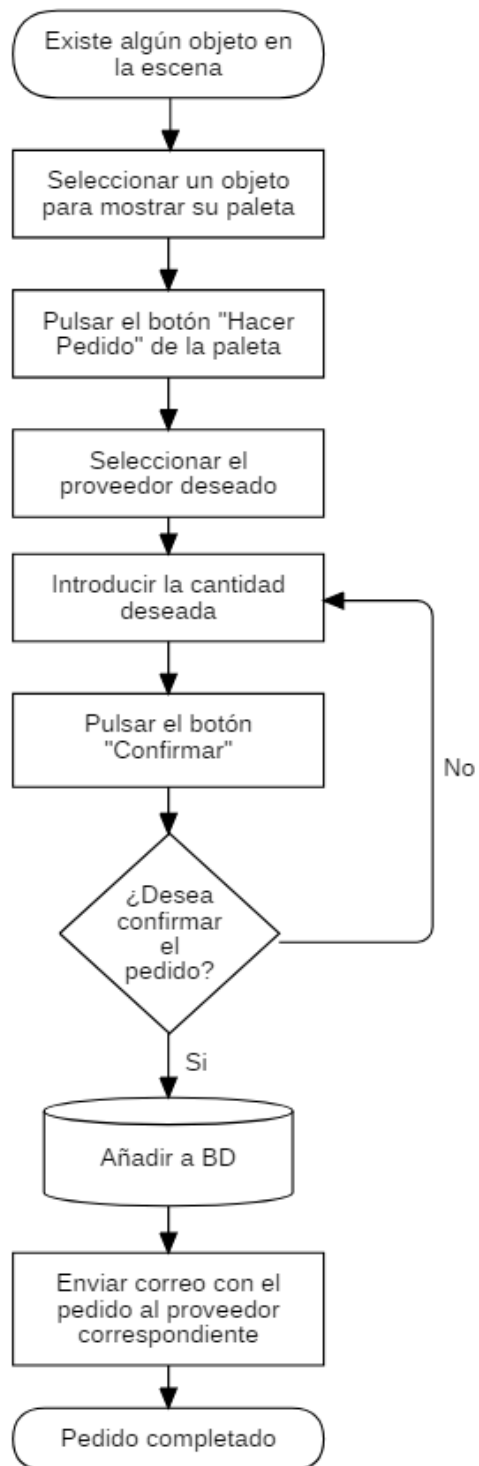


Ilustración 22 - Realización de un pedido para un producto

Añadir empleados y proveedores al sistema



Ilustración 23 - Añadir empleados y proveedores al sistema

Edición de empleados y proveedores previamente registrados en el sistema

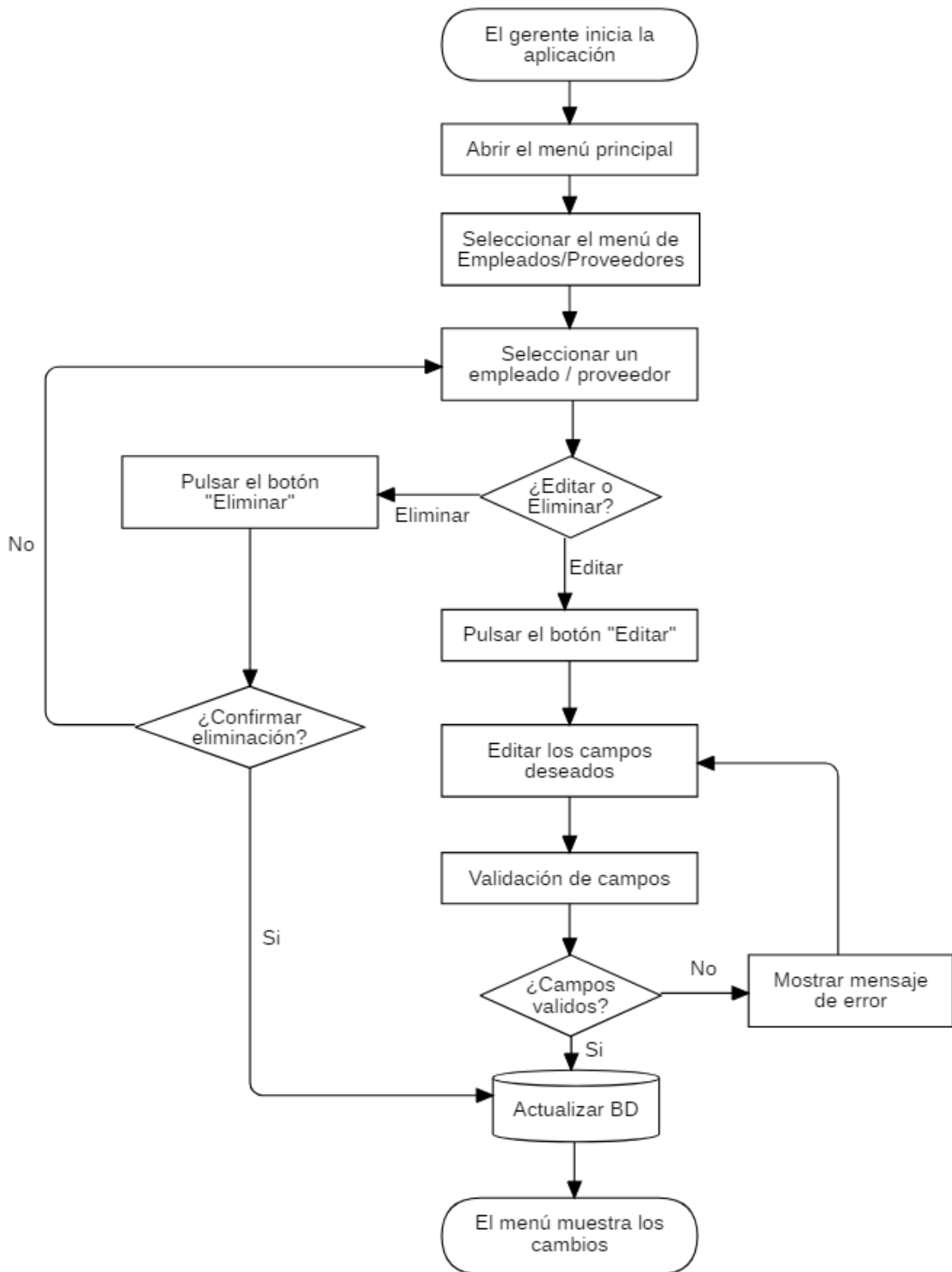


Ilustración 24 - Edición de empleados y proveedores previamente registrados en el sistema

Consulta de información acerca de empleados y proveedores

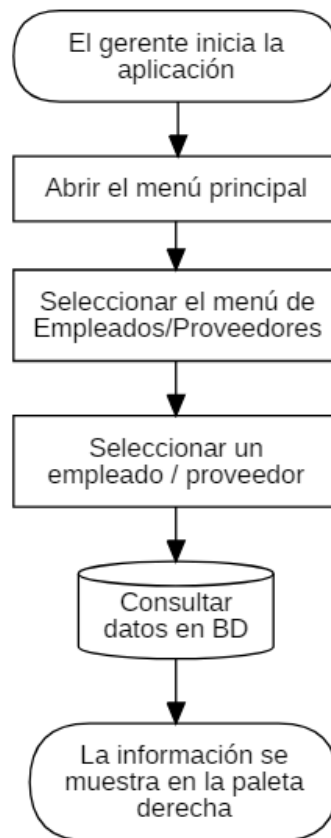


Ilustración 25 - Consulta de información acerca de empleados y proveedores

Consulta de estadísticas de ventas y generales

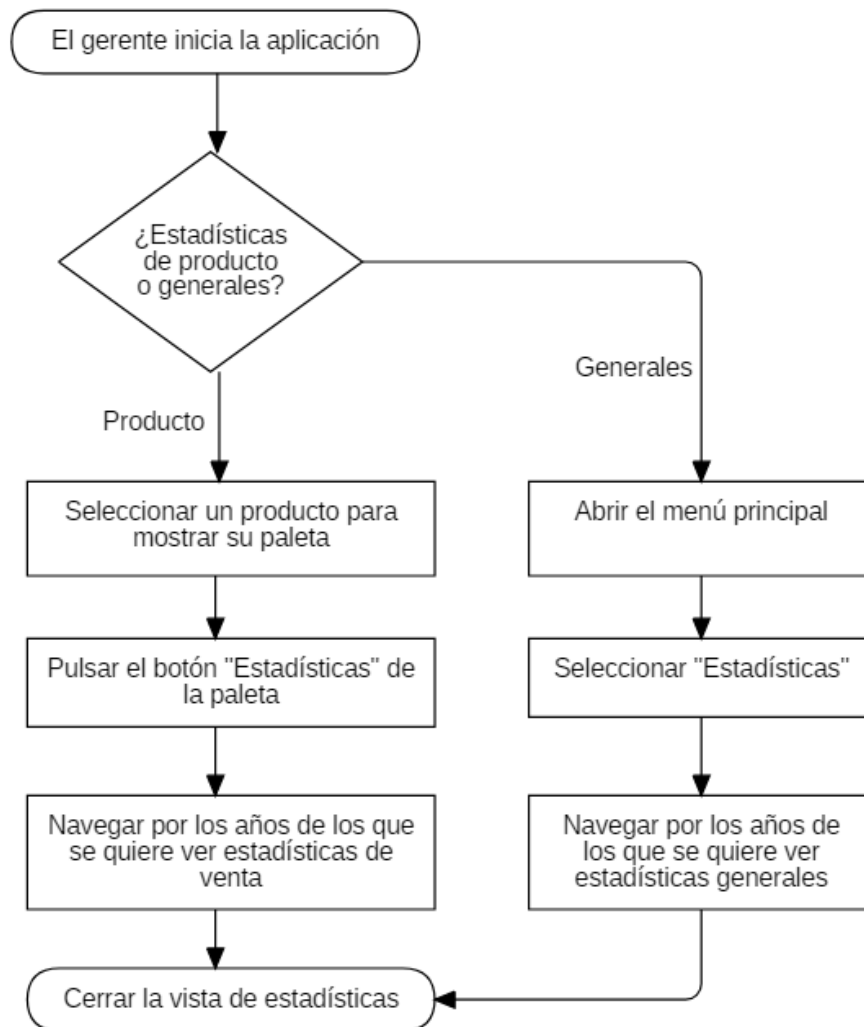


Ilustración 26 - Consulta de estadísticas de ventas y generales

Configuración de la aplicación

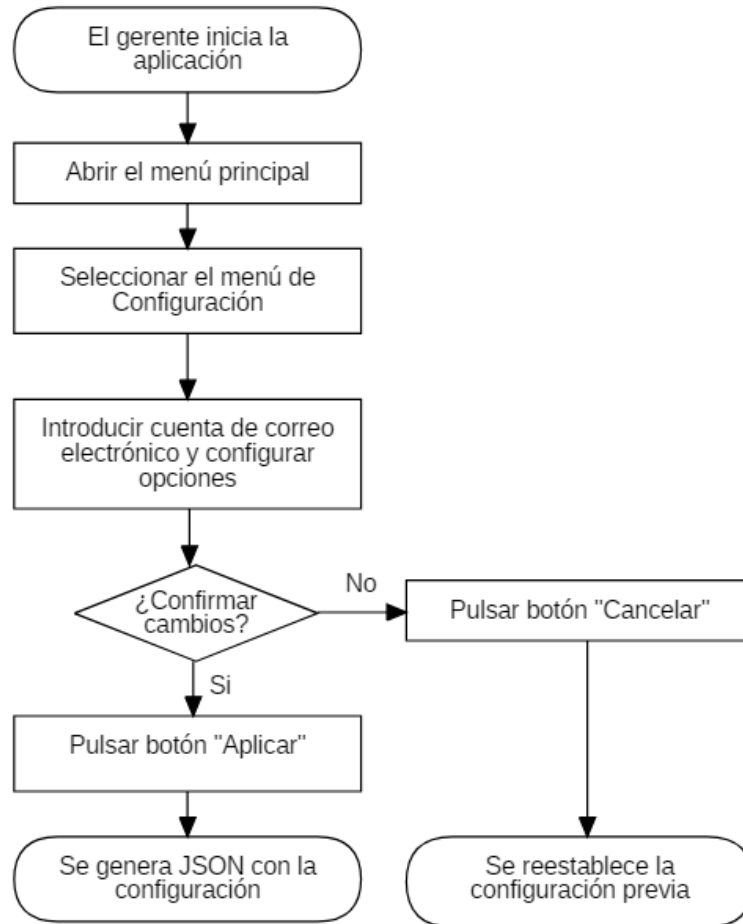


Ilustración 27 - Configuración de la aplicación

B Diagramas de clases

Módulo de Interfaz VR y Configuración

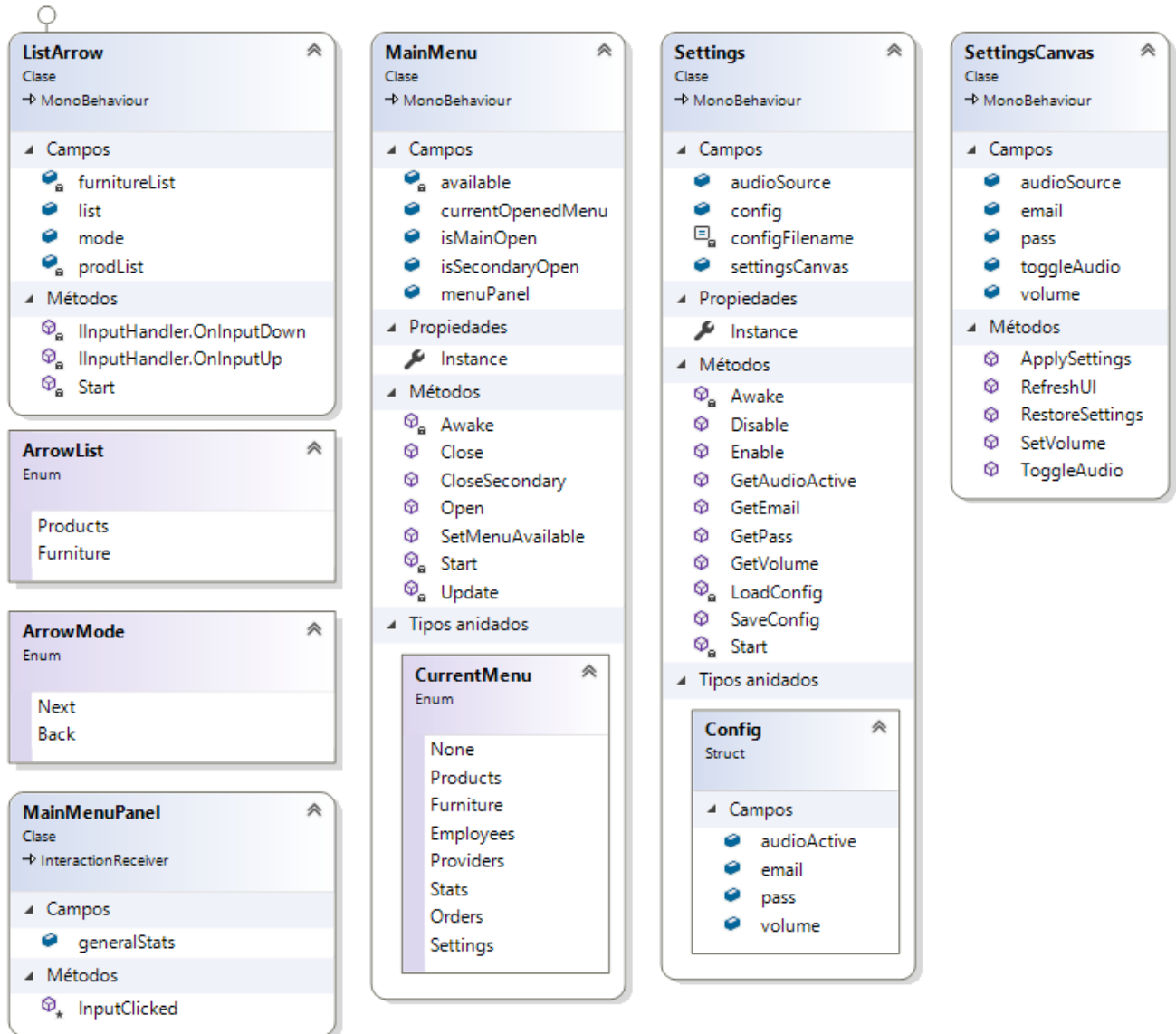


Ilustración 28 - Módulo de Interfaz VR y Configuración

Módulo de Persistencia

The image displays two side-by-side IDE class browser windows. The left window shows the **DatabaseManager** class, and the right window shows the **StoreConfigurationManager** class. Both are subclasses of **MonoBehaviour**.

DatabaseManager Class:

- Campos:** addEmployeePHP, addOrderPHP, addProviderPHP, cQueue, data, databaseURL, generalStatisticsPHP, logRequests, productStatisticsPHP, searchEmployeesPHP, searchProductPHP, searchProvidersPHP, updateEmployeePHP, updateProviderPHP.
- Propiedades:** Instance.
- Métodos:** AddEmployee, AddOrder, AddProvider, Awake, GetEmployeesInfo, GetGeneralStatistics, GetProductInfo (+ 1 sobrecarga), GetProductStatistics, GetProviderInfo, GetProviderOfferForProduct, GetProvidersInfo, GetValueOf, ParseEmployee, ParseOffer, ParseProduct, ParseProductStatistics, ParseProvider (+ 1 sobrecarga), RequestAddEmployee, RequestAddOrder, RequestAddProvider, RequestEmployees, RequestGeneralStatistics, RequestProduct (+ 1 sobrecarga), RequestProductStatistics, RequestProvider, RequestProviderOfferForProduct, RequestProviders, RequestUpdateEmployee, RequestUpdateProvider, UpdateEmployee, UpdateProvider.

StoreConfigurationManager Class:

- Campos:** downloadURI, furniture, instantiatedFurniture, instantiatedProducts, instantiationDistance, placingObject, products, storeConfig, uploadURI.
- Propiedades:** Instance.
- Métodos:** Awake, ConfigureFurnitureComponents, ConfigureProductComponents, DownloadConfigCoroutine, DownloadConfiguration, FurnitureToLocation, InstantiateFromFurnitureList, InstantiateFromProductList, InstantiateFurnitureAtLocation, InstantiateProductAtLocation, ProductToLocation, RefreshConfiguration, RestoreConfiguration, SaveConfiguration, Start, UploadConfigCoroutine.
- Tipos anidados:**
 - ObjectLocationInfo Class:**
 - Campos:** name, xPos, xRot, xScale, yPos, yRot, yScale, zPos, zRot, zScale.
 - StoreConfiguration Class:**
 - Campos:** furnitureLocations, productLocations.

Ilustración 29 - Módulo de Persistencia

Módulo de gestión de Productos

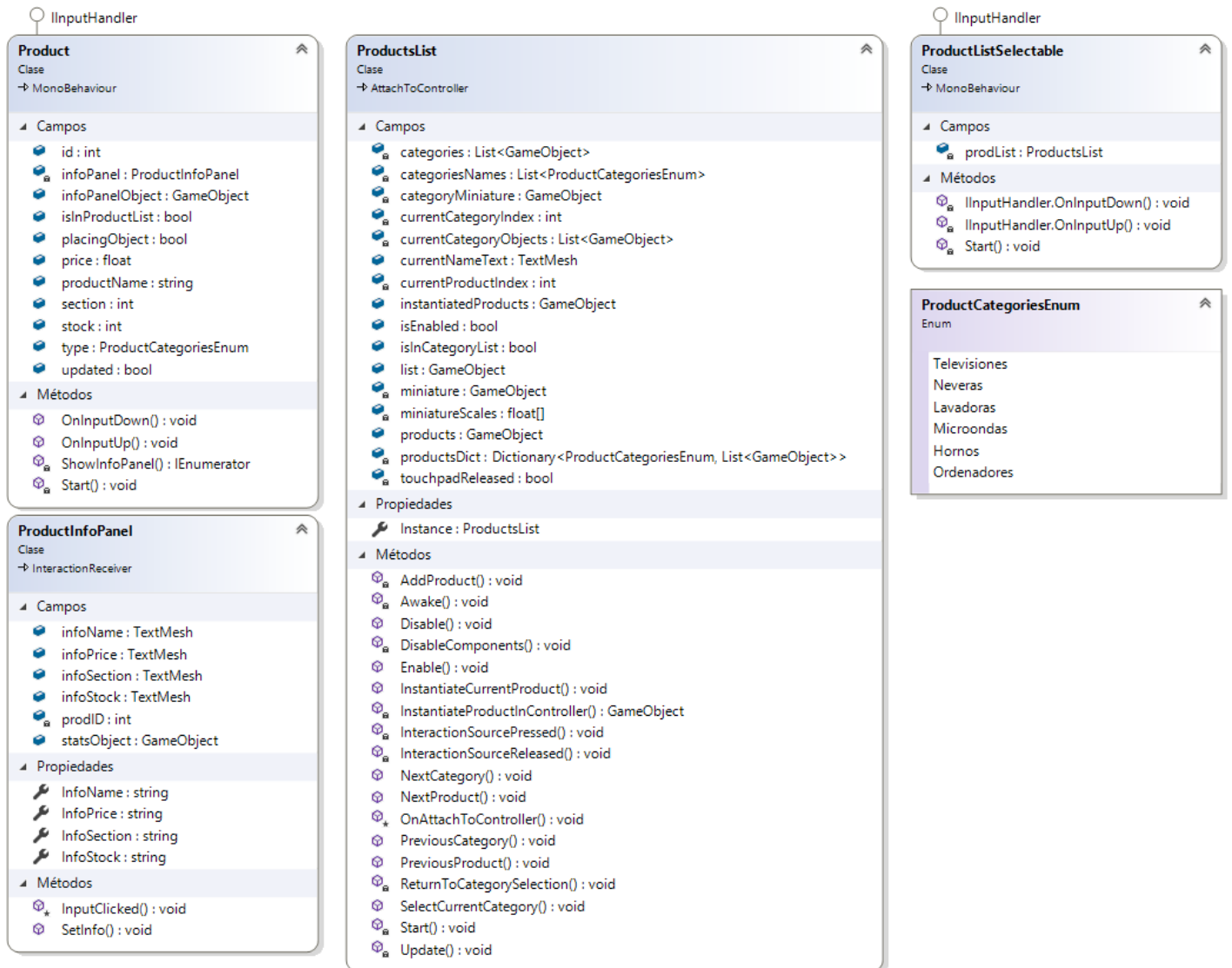


Ilustración 30 - Módulo de gestión de Productos

Módulo de gestión de Mobiliario

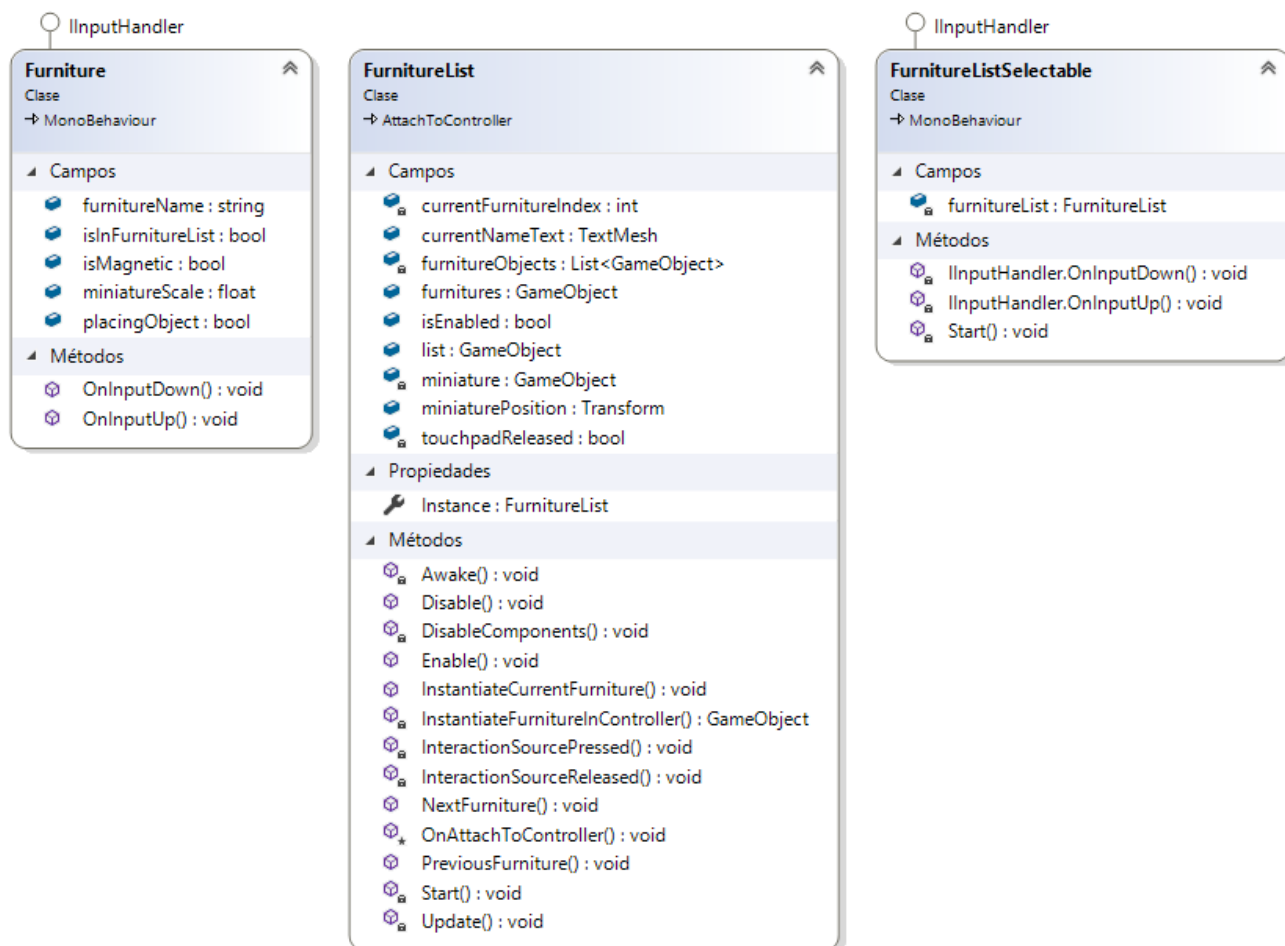


Ilustración 31 - Módulo de gestión de Mobiliario

Módulo de gestión de Empleados

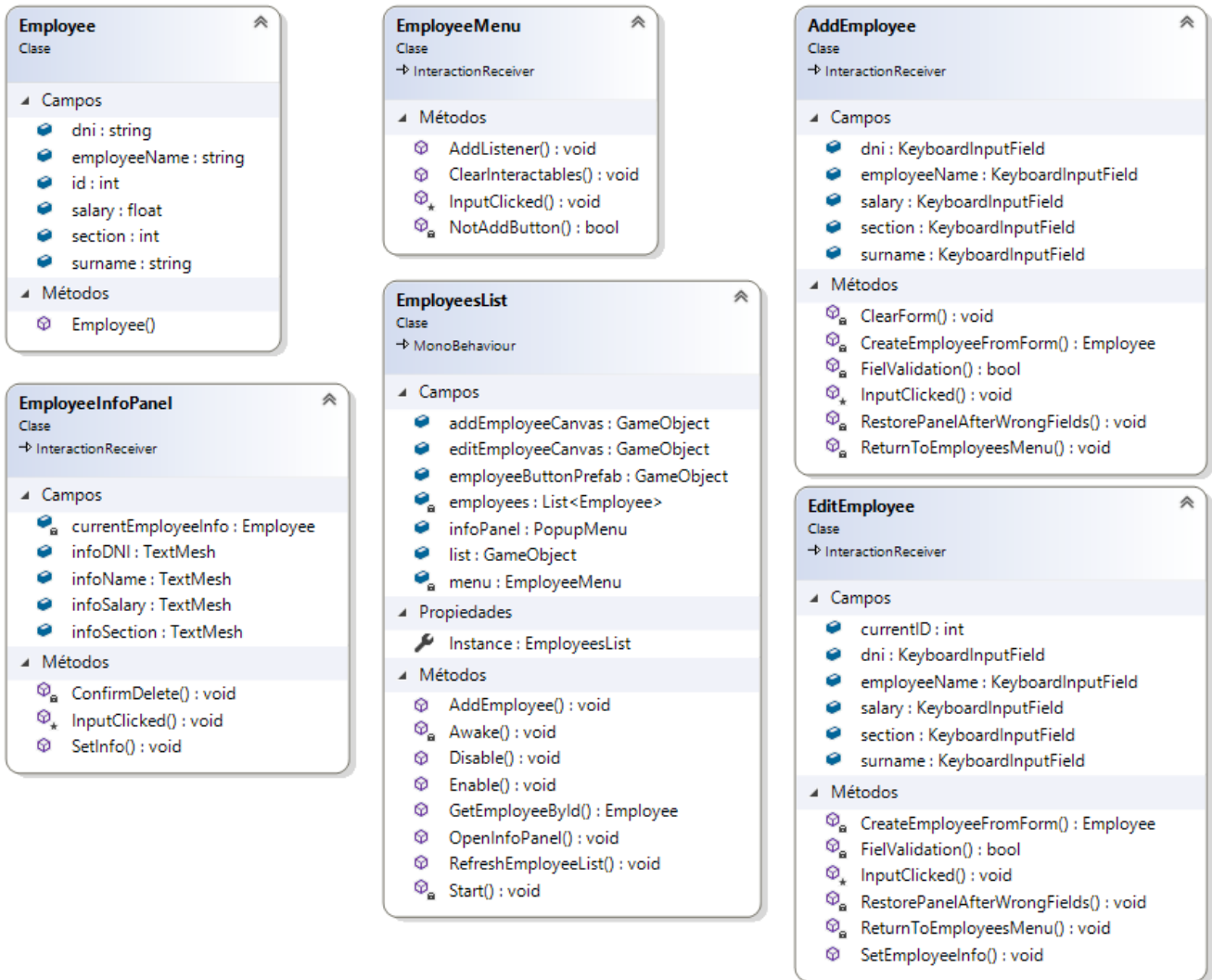


Ilustración 32 - Módulo de gestión de Empleados

Módulo de gestión de Proveedores

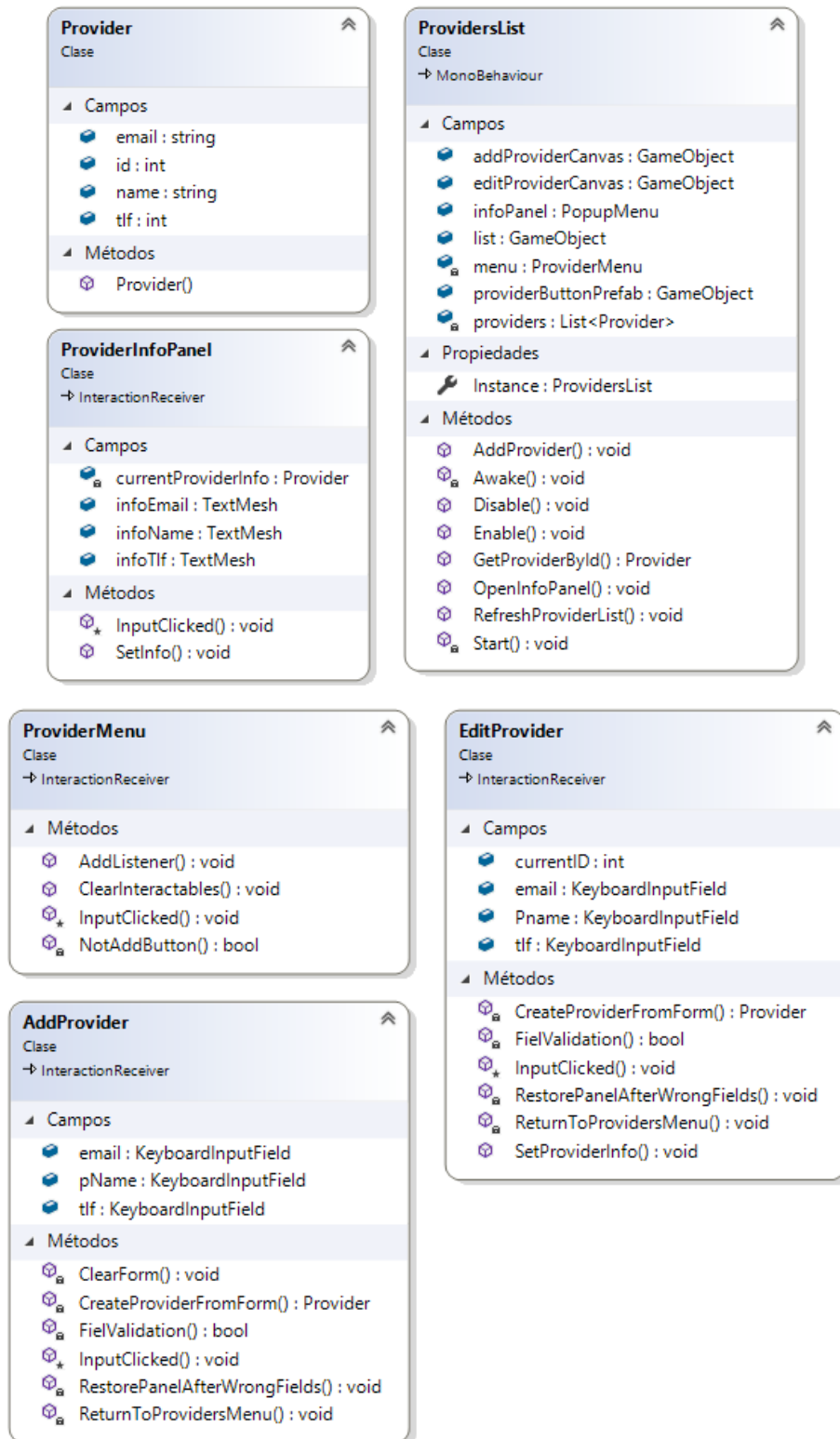


Ilustración 33 - Módulo de gestión de Proveedores

Módulo de gestión de Pedidos

The image displays four class panels from the Unity Inspector, arranged in two columns. Each panel shows the class name, its base class, and its members (fields, properties, and methods).

- OrderMenu** (Class, inherits from InteractionReceiver):
 - Métodos:
 - AddListener() : void
 - ClearInteractables() : void
 - InputClicked() : void
- OrderList** (Class, inherits from MonoBehaviour):
 - Campos:
 - infoPanel : PopupMenu
 - list : GameObject
 - menu : OrderMenu
 - offers : List<ProviderOffer>
 - providerButtonPrefab : GameObject
 - Propiedades:
 - Instance : OrderList
 - Métodos:
 - AddOffer() : void
 - Awake() : void
 - Disable() : void
 - Enable() : void
 - GetProviderOfferById() : ProviderOffer
 - OpenInfoPanel() : void
 - RefreshProviderOfferList() : void
 - Start() : void
- OrderInfoPanel** (Class, inherits from InteractionReceiver):
 - Campos:
 - infoName : TextMesh
 - infoTotalPrice : TextMesh
 - infoUnitPrice : TextMesh
 - offer : ProviderOffer
 - slider : SliderGestureControl
 - total : float
 - Métodos:
 - ConfirmOrder() : void
 - InputClicked() : void
 - SendEmail() : void
 - SetInfo() : void
 - SetTotalPrice() : void
- ProviderOffer** (Class):
 - Campos:
 - id : int
 - pricePerUnit : float
 - productID : int
 - productName : string
 - providerEmail : string
 - providerID : int
 - providerName : string
 - Propiedades:
 - ordered : bool
 - quantity : int
 - Métodos:
 - ProviderOffer()

Ilustración 34 - Módulo de gestión de Pedidos

Módulo de Estadísticas

The image displays three class hierarchies from a development environment:

- StatisticsGraph** (Class, MonoBehaviour):
 - Campos:** cancelButton : TestButton, currentStats : ProductStatistics, currentYear : int, gameObjectList : List<GameObject>, graphContainer : RectTransform, graphTitle : Text, graphYear : Text, infoText : GameObject, labelTemplateX : RectTransform, labelTemplateY : RectTransform, touchpadReleased : bool
 - Propiedades:** Instance : StatisticsGraph
 - Métodos:** Awake() : void, ClearGraph() : void, CreateBar() : GameObject, InteractionSourcePressed() : void, InteractionSourceReleased() : void, OnCancelPressed() : void, OnDisable() : void, OnEnable() : void, SetCurrentStats() : void, SetGraphTitle() : void, ShowGraph() : void, ShowGraphForYear() : void
- GeneralStatisticsPanel** (Class, MonoBehaviour):
 - Campos:** BestSeller : Text, cancelButton : TestButton, currentMonth : int, currentYear : int, Date : Text, LessProductiveDay : Text, MostProductiveDay : Text, MostSoldProduct : Text, touchpadReleased : bool, WorstSoldProduct : Text, WorststSeller : Text
 - Propiedades:** Instance : GeneralStatisticsPanel
 - Métodos:** Awake() : void, Disable() : void, InteractionSourcePressed() : void, InteractionSourceReleased() : void, MonthToString() : string, OnCancelPressed() : void, OnDisable() : void, OnEnable() : void, SetDate() : void, SetStatistics() : void
- ProductStatistics** (Class):
 - Campos:** sales : Dictionary<int, Dictionary<int, int>>
 - Métodos:** AddSale() : void, GetSalesForYear() : List<int>, ProductStatistics()

Ilustración 35 - Módulo de Estadísticas

Herramientas auxiliares

The image displays seven panels, each representing a different auxiliary tool class in Unity. Each panel shows the class name, its base class, and its members (fields, properties, methods, and events).

- TooltipManager** (Class, inherits MonoBehaviour):
 - Campos: active, activeNextTime, graspLeft, graspLeftActiveByDefault, graspRight, graspRightActiveByDefault, joystickLeft, joystickLeftActiveByDefault, joystickRight, joystickRightActiveByDefault, menuLeft, menuLeftActiveByDefault, menuRight, menuRightActiveByDefault, selectLeft, selectLeftActiveByDefault, selectRight, selectRightActiveByDefault, touchpadLeft, touchpadLeftActiveByDefault, touchpadRight, touchpadRightActiveByDefault.
 - Propiedades: Instance.
 - Métodos: Awake, HideTooltip (+ 1 sobrecarga), SetTooltipText, ShowTooltip (+ 1 sobrecarga), Start, Update.
- ControllerButtonEnum** (Enum):
 - SelectRight, GraspRight, JoystickRight, TouchpadRight, MenuRight, SelectLeft, GraspLeft, JoystickLeft, TouchpadLeft, MenuLeft.
- AttachInfoPanelToController** (Class, inherits AttachToController):
 - Métodos: OnAttachToController, OnDetachFromController.
- SpinObject** (Class, inherits MonoBehaviour):
 - Campos: speed.
 - Métodos: Update.
- InformationDialog** (Class, inherits MonoBehaviour):
 - Campos: dialogPrefab, isDialogLaunched, lastResult.
 - Propiedades: Instance.
 - Métodos: Awake, LaunchDialog, OnClosed, OnDialogClosed, ShowDialog.
 - Eventos: DialogClosed.
 - Tipos anidados: DialogClosedEvent... (Class, inherits EventArgs):
 - Propiedades: buttonPressed.
- CoroutineQueue** (Class):
 - Campos: actions, m_InternalCoroutine, m_Owner.
 - Métodos: CoroutineQueue, EnqueueAction, Process, StartListen, StopListen.

Ilustración 36 - Herramientas auxiliares