



**Máster en Tecnologías para la Investigación de Mercados y Marketing
(MUTIMM)**



**Modelo de economía circular aplicado al consumo de
botellas de plástico inteligentes**

Autora: Meriam Abdelmaula Muyahid

Tutoras:

Beatriz Prieto Campos

Jana Krizanova

Ceuta, Julio de 2023

Agradecimientos

En primer lugar, agradecer a mi familia por ayudarme y motivarme a la auto-superación continua a lo largo de mi vida. En cuanto a este máster y este trabajo de investigación en concreto, valoro este apoyo incondicional cuando lo iniciamos durante una pandemia que, tras superarla, por desgracia no todos, nos afectó psicológicamente y como consecuencia ralentizó una fuerza mental que a día de hoy seguimos intentando recuperar.

A mi tutora Beatriz Prieto, una especial profesora y sobre todo persona que conocí durante mi carrera y a raíz de ahí, quería e intentaba que formara parte de cualquier proyecto que realizara.

A mi tutora Jana Krizanova, la cual conocí durante del desarrollo de mi TFM siendo un gran descubrimiento, ante todo como persona por su dedicación y esfuerzo con alguien que supuestamente acaba de conocer y que como profesional he de decir que superó todas las expectativas esperadas desde el primer momento.

A los profesores en general del MUTIMM, por la disponibilidad y paciencia que conlleva un curso de estudios superiores como éste, cuando pertenece a una escuela sin presencia física en la ciudad de Ceuta, y lo que conlleva crear y mantener un clima tan cálido como para que un grupo tan reducido de alumnos residentes y a nivel internacional, algunos presenciales y otros virtuales, nos cogiéramos un especial cariño familiar.

Índice

1	Introducción	7
2	Revisión de literatura	10
	2.1 Crisis medioambiental.....	11
	2.2 Economía circular.....	12
	2.3 Internet de las cosas.....	14
	2.4 Teoría del Comportamiento Planeado.....	16
	2.5 Variables adicionales de mejora a la TCP.....	18
3	Metodología	19
	3.1 Muestra.....	20
	3.2 Modelo conceptual.....	22
	3.3 Instrumentos psicométricos.....	23
	3.4 Análisis estadísticos previos.....	25
	3.5 Análisis del modelo definitivo.....	27
	3.6 Planteamiento de las hipótesis.....	33
4	Resultados e interpretación de los datos de la encuesta	35
5	Creación de un prototipo de botella inteligente	45
	5.1 Montaje hardware.....	46
	5.2 Diseño de la botella inteligente.....	49
	5.3 Programación del circuito.....	49
	5.4 Coste de la botella inteligente.....	50
6	Conclusiones y futuras líneas de trabajo	52
	6.1 Conclusiones.....	53
	6.2 Implicaciones.....	53
	6.3 Limitaciones.....	54
	6.4 Futuras líneas de investigación.....	55
7	Apéndices	56

7.1	APÉNDICE 1: Código fuente del programa	57
7.2	APÉNDICE 2: Cuestionario	60
8	Referencias	64
	Declaración de originalidad	69

Índice de tablas

Tabla 1:	Variables observadas basadas en la Teoría del Comportamiento Planeado	23
Tabla 2:	Variables observadas de la obligación moral	25
Tabla 3:	Variables observadas de la preocupación medioambiental.....	25
Tabla 4:	Estadísticas de fiabilidad	25
Tabla 5:	Distancia de Mahalanobis al cuadrado.....	26
Tabla 6:	Prueba de normalidad multivariante	28
Tabla 7:	Prueba de Kolmogórov-Smirnov	29
Tabla 8:	Análisis Factorial Confirmatorio (AFC).....	29
Tabla 9:	Análisis de multicolinealidad	30
Tabla 10:	Correlación de Pearson	31
Tabla 11:	Prueba χ^2	32
Tabla 12:	Medidas de ajustes de bondad	32
Tabla 13:	Matriz de validez discriminante	33
Tabla 14:	Resultado de las hipótesis planteadas	36
Tabla 15:	Preocupación medioambiental según el nivel de estudios	38
Tabla 16:	Número de veces que se rellenarían las botellas al mes (int3) según el sexo	39
Tabla 17:	Cálculo del número mínimo de veces que se rellenarían las botellas al mes	40
Tabla 18:	Número de botellas que se rellenarían al mes (int4)	40
Tabla 19:	Cálculo del número mínimo de botellas que se rellenarían al mes	41
Tabla 20:	Consumo total de botellas rellenadas al mes por cada individuo.....	41
Tabla 21:	Disponibilidad de empresas proveedoras de productos de limpieza y aseo a granel (pc2) según la ciudad de residencia	42
Tabla 22:	Interés de los individuos por este servicio a domicilio.....	44
Tabla 23:	Coste total de una botella inteligente	50

Índice de figuras

Figura 1: Búsquedas en Google sobre reciclaje [GOO]	9
Figura 2: Puesto de ocupación de España en el ranking de búsquedas en Google sobre reciclaje [GOO]	9
Figura 3: Ranking de países que generan más residuos de plástico de un solo uso (en miles de toneladas) [MÓN21].....	12
Figura 4: Botella reutilizable de productos de aseo personal y/o de limpieza [REP].....	14
Figura 5: Dispositivos conectados por persona entre 2003 y 2020 [EVA11]	15
Figura 6: Botella de agua inteligente [BOR18]	16
Figura 7: Teoría del Comportamiento Planeado [AJZ91]	17
Figura 8: Distribución de la muestra según el sexo.....	20
Figura 9: Distribución de la muestra según la ocupación	20
Figura 10: Distribución de la muestra según la ciudad de residencia	21
Figura 11: Distribución de la muestra según la edad	21
Figura 12: Distribución de la muestra según los ingresos mensuales.....	22
Figura 13: Modelo de investigación	23
Figura 14: Modelo estructural.....	27
Figura 15: Resultado de las hipótesis planteadas	36
Figura 16: Disposición de los encuestados a asumir el coste del servicio a domicilio	43
Figura 17: Placa NodeMCU V3 [ROL].....	46
Figura 18: Microinterruptor de botón táctil de 4 pines [RAB]	47
Figura 19: LED Rot 5mm [KAB]	47
Figura 20: Resistencia 200 OHM 1% 1/4w 0,25w [LEA]	48
Figura 21: Diagrama de conexiones [ESP]	48
Figura 22: El prototipo de la botella inteligente	49

Resumen

El agotamiento de los recursos naturales implica analizar seriamente el consumo de una sociedad en la que no estamos educados para reciclar/reutilizar lo suficiente dado el deterioro medioambiental existente. En este trabajo de investigación, se realiza un estudio sobre la intención personal de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo, diseñadas con un botón para solicitar el relleno automático a domicilio de las mismas por parte de cualquier empresa proveedora de productos de limpieza y aseo a granel, gracias a Internet de las cosas (IoT).

Para analizar dicha intención se toma como base la Teoría del Comportamiento Planeado, adaptándola a las condiciones de las influencias sociales y personales del presente, en cuanto a la concienciación del estado de nuestro planeta y a la presión sobre el cuidado del medio ambiente.

Además, proponemos un prototipo de botella de plástico inteligente para promover su reutilización y, como consecuencia, disminuir los residuos contaminantes, así como el impacto medioambiental que supone su fabricación.

Palabras clave

Internet de las cosas, botellas de plástico reutilizables, economía circular, consumo responsable, botella de plástico inteligente.

Abstract

The depletion of natural resources needs a serious analysis. Our society is not prone enough to recycle, considering how quickly our environment is deteriorating.

In our research we will study the willingness to reuse plastic bottles, used for domestic cleaning and personal hygiene products, which are reusable. Their design includes a button in order to provide automatic re-fill in bulk of those products by a supply company, using the Internet of Things (IoT).

We have taken the Theory of Planned Behaviour as a basis to analyse this intention. We have adapted it to the current social and personal influences, the awareness about the environment in our planet and the pressure to care for it.

Moreover, we will create a smart plastic bottle to promote its re-use, hence reducing waste, pollution, and the environmental impact of its manufacture.

Keywords

Internet of Things, reusable plastic bottles, circular economy, responsible consumption, smart plastic bottle.

1 Introducción

Independientemente de las creencias personales de cada ser humano, cabe destacar la relevancia del cuidado del medio ambiente para una calidad de vida digna para todos y cada uno de los seres vivos. La segunda encíclica del papa Francisco, se centra en que toda la familia humana tiene el deber y la capacidad de proteger nuestra casa común, bajo el paradigma de la ecología integral, donde hace un llamamiento sobre la forma de construir el futuro del planeta. En este libro, el autor considera que las personas que combaten la degradación medioambiental merecen un reconocimiento especial por el amor social y la salvaguarda del hogar que compartimos todos [FRA15].

En mayo de 1998, el Seminario de Granada presentó la propuesta de que los programas orientados a cualquier educación religiosa, se centren en los aspectos más importantes, como el desarrollo integral de las personas, la promoción de la igualdad social, una distribución justa de los recursos y la protección del medio ambiente. Este tipo de educación, indistintamente de la creencia, ha de ser impartida de manera coherente y en base a unos principios con gran sentido de responsabilidad social, individual e institucional [MAY06].

Internet de las cosas (IoT) se considera una tercera ola en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), después de Internet y la red de comunicación móvil [ZHU10]. IoT permite conectar cualquier objeto cotidiano a Internet, de manera que se pueden enviar y recibir datos en cualquier momento y en cualquier lugar. Todo esto es posible incluyendo circuitos electrónicos y software dentro de esos objetos. Es decir, estos objetos se pueden controlar de forma remota, a través de una infraestructura de red, creando así oportunidades para una integración más directa del mundo físico en los sistemas informáticos [GOK18]. En este trabajo de investigación, aprovecharemos esta red de objetos interconectados con el fin de colaborar con la salud medioambiental, con la creación de un prototipo de botella inteligente, al que se le ha añadido botón IoT, para poder, sólo con pulsar este botón, solicitar que una empresa venga a casa y la rellene y, así, reutilizarla.

El principal objetivo, de este trabajo de investigación es ofrecer una posible solución a este grave problema de contaminación de plásticos que afecta a nuestro medio ambiente. Queremos impulsar un desarrollo sostenible basado en el modelo de economía circular desde la perspectiva del fabricante y el usuario final. Existen varias definiciones sobre este concepto, y según el Informe de la Comisión del Medio Ambiente y el Desarrollo de 1987 que se titula “**Nuestro futuro común**”, se refiere a toda acción de hacer frente a las necesidades del presente sin comprometer a las del futuro, o, dicho de otra manera, trabajar por el desarrollo

de la sociedad en cuanto a la mejora de nuestra calidad de vida teniendo en cuenta la sobrecarga de nuestro planeta [LÓP20].

En la Figura 1, se puede ver la concienciación de los internautas según sus búsquedas realizadas en Google sobre el tema del reciclaje en el último año (2022/2023) donde se muestra un interés elevado de los ciudadanos a nivel mundial. Se puede observar también, que el interés mostrado en el mes de mayo de 2023 llega a ser del 100%. [GOO].

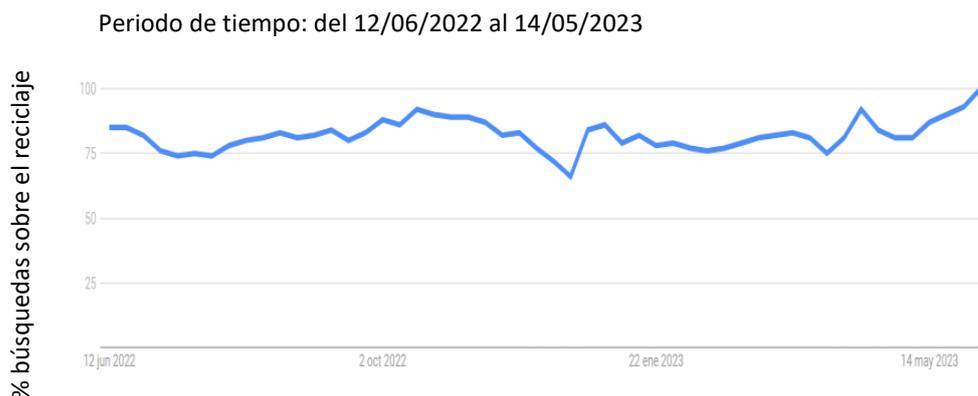


Figura 1: Búsquedas en Google sobre reciclaje [GOO]

En la Figura 2, observamos que España ocupa el puesto número 36 en el ranking mundial de búsquedas sobre el tema del reciclaje, lo que demuestra un gran interés en esta temática.



Figura 2: Puesto de ocupación de España en el ranking de búsquedas en Google sobre reciclaje [GOO]

2 Revisión de literatura

2.1 Crisis medioambiental

Ante las evidencias de un planeta que sufre una emergencia medioambiental, como es el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, los fenómenos sísmicos y volcánicos, así como enfermedades, cancerígenas o cardiovasculares, que se atribuyen a la contaminación, es fundamental que las empresas tomen medidas para cambiar su modelo productivo y de consumo.

Precisamente, el mayor efecto negativo de nuestras actividades humanas con consecuencias devastadoras para los océanos y mares, reside en que al menos un 85% de sus residuos proviene de los plásticos según el informe de las Naciones Unidas [NAC]. Por ello, y con el objetivo de conmemoración y concienciación de la importancia de la salud medioambiental, cada 5 de junio se celebra el Día Mundial del Medio Ambiente dirigido por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) desde hace medio siglo (1973).

El oceanógrafo Jacques-Yves Cousteau, primer gran divulgador y defensor marino, fallecido en 1997, lanzó al mundo mensajes como señal de socorro del planeta, los cuales caben destacar como recordatorio a un problema que sigue creciendo, más de 20 años después, en una sociedad supuestamente en continuo avance: *«El agua y el aire, los dos fluidos esenciales de los que depende la vida, se han convertido en los basureros del planeta»* y *«La gente protege aquello que ama»* [ELM10].

El artículo más reciente de National Geographic España nos proporciona más datos sobre el problema del uso del plástico a nivel mundial, como la venta de un millón de botellas de plástico por minuto, cuando una sola botella de plástico puede tardar en descomponerse entre 450 y 1000 años. Tan solo en 2018, se produjeron 359 millones de toneladas de plástico; y, cada año, se arrojan 8 millones de toneladas de plástico al mar [NAT23].

Según el portal de estadística Statista, los países con mayor producción de residuos plásticos de un solo uso en 2019, fueron China, Estados Unidos e India, los cuales son también los países más poblados del mundo (Figura 3). Sin embargo, la cantidad de plástico desechado por persona varía significativamente entre estos países. Mientras que los individuos en India generaron solo cuatro kilos de residuos plásticos de un solo uso por persona, los chinos produjeron 18 kilos y en los Estados Unidos, la cifra se disparó hasta alcanzar los 56 kilos por ciudadano [MÓN21].



Figura 3: Ranking de países que generan más residuos de plástico de un solo uso (en miles de toneladas) [MÓN21]

En la Figura 3, también podemos observar que en España se generaron más de 1,5 millones de toneladas situándose en el puesto número 14 del ranking de los 15 países que más residuos de plástico generan.

2.2 Economía circular

Como consecuencia de esta degradación medioambiental, es obligación de todos fomentar un consumo responsable, por lo que urge la transformación del modelo de consumo de los recursos y servicios, si no queremos contribuir a más desequilibrios ambientales. La contaminación que genera la producción y desecho excesivo del plástico, sobre todo en los mares y océanos, se puede reducir cuando es un material reutilizable en su perfecto estado [NUB16].

La economía lineal, definida por procesos de producir, usar y desechar, se ha convertido en algo cada vez menos sostenible, debido a la escasez de recursos naturales. Un modelo de economía circular en el que el modelo contempla tres principios básicos conocidos como las 3R: reducir, reutilizar y reciclar [CER16], es imprescindible para lograr el objetivo de desarrollo sostenible, teniendo en cuenta que, la evolución del mercado global se encuentra frente a la

demanda de unos clientes cada vez más informados y, como consecuencia, más sensibilizados con el medio ambiente [BAL14]. En este trabajo de investigación, nos enfocamos precisamente en el principio de reutilización, definiéndose como la acción de utilizar nuevamente cualquier producto con el mismo fin con el que fue creado, en nuestro caso botellas de plástico, que no sean residuos [CER16].

Un estudio realizado en siete países europeos demostró que la adopción de una economía circular podría reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 70% y aumentar la participación laboral en un 4%. La economía circular se basa en el principio de sustituir la energía por la mano de obra, que se propuso por primera vez hace más de cuatro décadas en un informe de la Comisión Europea. Este concepto se aplica a cualquier tipo de recurso, desde dispositivos móviles hasta tierras de cultivo o patrimonios culturales [STA16].

Los modelos de negocio de economía circular se pueden categorizar en dos grupos. En primer lugar, aquellos que fomentan la reutilización y prolongan la vida útil a través de reparaciones, remodelaciones, actualizaciones y modernizaciones. Y, en segundo lugar, aquellos que convierten los bienes antiguos en recursos nuevos mediante el reciclaje de los materiales. En estos modelos, las personas son fundamentales, independientemente de su edad o habilidades. Los consumidores pasan a ser usuarios y creadores, además, de que la remodelación y reparación de bienes antiguos, edificios o infraestructuras, crea e impulsa el empleo en talleres locales [STA16].

El fundador de Replenish, Jason Foster, un día planchando sus camisas, se percató de que la botella de plástico de este líquido, además de ser desechable y de gran dimensión, contenía un 90% de agua y una cantidad mínima de productos activos. Ante esta ineficiencia, no solo económica, sino perjudicial para el medio ambiente, diseñó un embalaje reutilizable tanto para un ahorro en costes generales de fabricación, envío y consumo, como para fidelizar clientes, personalizando los productos según las necesidades de cada uno. La botella reutilizable (Figura 4) consta de un pequeño recipiente en la parte inferior de ésta, que contiene el líquido concentrado que puede ser de aseo personal o de limpieza, para que el cliente solo tenga que apretar la cápsula de recarga hasta que este recipiente se llene, y completar la parte superior de la botella con agua, así hasta 6 veces que dura una cápsula, generando una reducción en la cantidad de envases de plástico de un 90% [REP].



Figura 4: Botella reutilizable de productos de aseo personal y/o de limpieza [REP]

2.3 Internet de las cosas

El concepto de IoT se remonta a 1982 cuando se conectó por primera vez a Internet una máquina de Coca Cola, la cual podía informar del número de bebidas que quedaban [JOR18]. En 1999, el pionero británico Kevin Ashton, director ejecutivo de Auto-ID Center en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT), propuso por primera vez el término "Internet de las cosas" [MAD15] para describir un sistema de dispositivos interconectados a Internet, por medio de sensores. La idea básica de IoT consiste en permitir el intercambio autónomo de información entre diferentes dispositivos del mundo real integrados de manera invisible, alimentados por las tecnologías líderes, como la identificación por radiofrecuencia (RFID), la conexión inalámbrica Wireless Sensor Networks (WSN), WIFI, Bluetooth, etc., que son utilizadas por los sensores y procesadas, posteriormente, para la toma de decisiones de una acción automática determinada [FAR15].

En la actualidad, existen dos enfoques principales en relación a IoT. El primero es una perspectiva reactiva que considera a IoT como una nueva capa de conectividad digital que se superpone a la infraestructura existente y a las cosas. Esta posición ve a IoT como un conjunto manejable de avances convergentes en infraestructura, servicios, aplicaciones y herramientas de gobierno. El segundo enfoque es una perspectiva proactiva que ve a IoT como una convergencia profundamente disruptiva, que es inmanejable con las herramientas actuales. Desde la perspectiva de un ciudadano y usuario final, se puede deducir que asume las consecuencias de seguir una estructura proactiva. Sin embargo, desde la perspectiva de una corporación con activos creados e intereses comerciales, así como desde la perspectiva de un gobierno que busca asegurar la continuidad y la armonía de la sociedad, se puede suponer que

ambos adoptarán soluciones dentro del marco reactivo [VAN12].

IoT nos permite crear soluciones efectivas que beneficien al desarrollo de nuestra sociedad, tanto por parte del empresario o fabricante como por parte del cliente o usuario final [BAL19]. Este avance, en las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC), nos permite interconectar nuestro mundo desde una infraestructura común, permitiéndonos tanto el control de las cosas que nos rodean como manteniéndonos informados del estado de los objetos.

Como se indica en la Figura 5, en el año 2010 el número de dispositivos conectados a Internet, (12,5 millones), superó al número de personas conectadas a Internet (6,8 millones). Esto supuso que hubiera más dispositivos que personas conectadas a Internet lo que se considera como el comienzo de la era de IoT [EVA11].

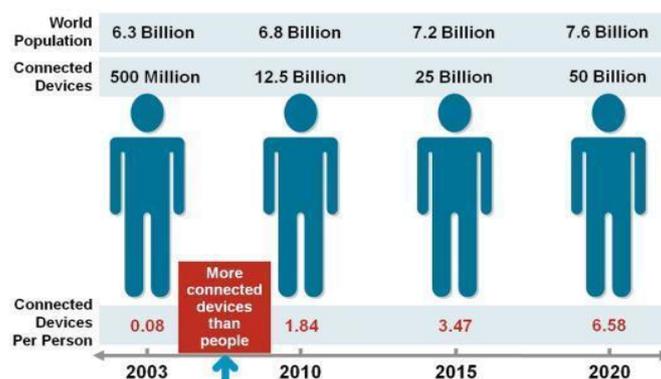


Figura 5: Dispositivos conectados por persona entre 2003 y 2020 [EVA11]

Los beneficios que aporta IoT a nuestra vida cotidiana, no solo afectan al ocio y al entretenimiento, sino también, a otros sectores como el de la educación, la agricultura, el transporte, la seguridad, los hospitales, etc. La incorporación de soluciones IoT, en el sector de la salud, es una de las más crecientes que desafía los modelos tradicionales de atención médica, con aplicaciones cada vez más utilizadas por los pacientes sin la participación necesaria de los profesionales que requiera su presencialidad. En un estudio de seguimiento de fluidos para personas con nefrolitiasis, se creó una botella de agua inteligente denominada Hidrate Spark (Figura 6) para controlar la precisión de las mediciones diarias de ingesta de líquidos [BOR18].



Figura 6: Botella de agua inteligente [BOR18]

Esta botella utiliza tecnología de detección táctil capacitiva a través de un sensor que se extiende desde la tapa hasta la base de la botella. El sensor calcula el volumen de líquido mediante la detección de cambios en los niveles de agua y envía los datos al teléfono inteligente del usuario a través de conexión Bluetooth. Para que se envíen los datos, la botella consta de un acelerómetro que detecta los cambios en la posición del agua. Las mediciones del volumen se reinician cada 24 horas y los usuarios pueden hacer un seguimiento de su progreso a través de la aplicación en su teléfono inteligente [BOR18].

En este trabajo de investigación, aplicaremos una solución IoT para la salud medioambiental y como consecuencia, para la salud de todos los seres vivos del planeta, convirtiendo una botella de plástico, desechable y real, en una botella de plástico reutilizable e inteligente, por su capacidad de compartir información y datos [MAD15]. Existen distintos tipos de sensores IoT, es más, billones de sensores conectados por todo el mundo, para la posible interacción con objetos físicos. Los más utilizados, son los sensores de temperatura, presión, humedad, nivel, imágenes de sensores de movimiento, sensores ópticos, sensores de identificador radiofrecuencia o sensores infrarrojos [KRI20]. En el desarrollo de este proyecto IoT, un botón pulsador en la botella será el medio de comunicación, entre el usuario o cliente final y la empresa, para el relleno de productos de limpieza y aseo a domicilio.

2.4 Teoría del Comportamiento Planeado

Los humanos somos seres racionales y actuamos en función de la información que poseemos, pero nuestras actitudes también vienen dadas según nuestra personalidad y la influencia del entorno o presión social. La Teoría de Acción Razonada (TAR) establece que la conducta se puede predecir a través de las relaciones entre todas éstas [MOR15]. Sin embargo, para este

trabajo de investigación, optamos por la Teoría del Comportamiento Planeado, como avance de la Teoría de Acción Razonada, en la que se tiene en cuenta otro factor determinante como es la percepción de control de los individuos con el fin de conocer la intención de reutilización de botellas de plástico en productos de limpieza y aseo cuando se desechan intactas implicando un grave problema de contaminación medioambiental.

Ajzen [AJZ91] incorporó este nuevo componente que estudia la percepción del control basándose en investigaciones previas de Bandura [BAND77, BAND80] que demuestran que el comportamiento de un individuo está demasiado influenciado por sus creencias de autoeficacia para la elección, preparación, esfuerzo que conlleva, emociones, etc., frente a una actividad o conducta concreta [BAND82, BAND91].

La Teoría del Comportamiento Planeado (TCP), finalmente, consta de cinco variables, la intención, la actitud, las normas subjetivas, el control percibido y el comportamiento (Figura 7). La intención se considera un antecedente al comportamiento y la intención hacia un comportamiento se determina a través de la actitud, normas subjetivas y control percibido [AJZ91].

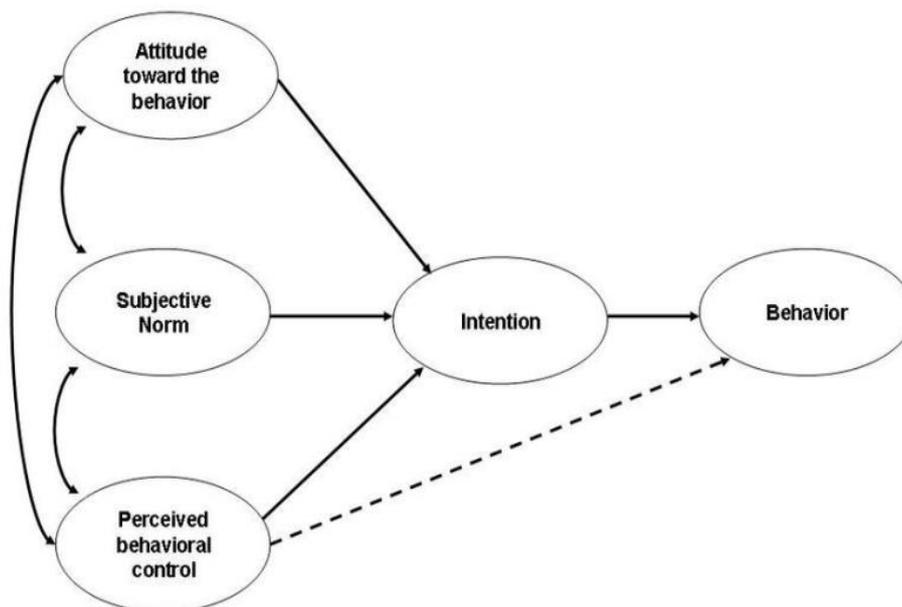


Figura 7: Teoría del Comportamiento Planeado [AJZ91]

2.5 Variables adicionales de mejora a la TCP

El sentimiento de culpabilidad o satisfacción de las personas tienen una gran influencia en la predisposición de sus conductas proambientales o prosociales. Esto determina la relevancia de las obligaciones morales individuales como las principales impulsoras en este tipo de comportamientos. El 70% de los consumidores asumen la responsabilidad del compromiso con un comportamiento más ecológico. La incorporación de la obligación moral a la Teoría del Comportamiento Planeado de Chan y Bishop [CHA13], demostró que esta variable predecía en gran medida la intención del reciclaje y comparte una alta correlación con la actitud, considerándose incluso un gran antecedente de ésta, por el compromiso que tienen las personas con el cuidado del medio ambiente. Además, aumenta la varianza explicada de esta intención de consumo de productos verdes [MUL21].

Thompson y Barton [THO94] distinguen a dos tipos de personas con diferentes perspectivas hacia la preocupación medioambiental, las ecocéntricas y las antropocéntricas, donde las personas ecocéntricas cuidan del medio ambiente desinteresadamente, por su bien y el respeto que merece en sí mismo, mientras que los antropocéntricos protegen al medio ambiente por el bien que supone a la humanidad [CAS06]. La preocupación medioambiental ecocéntrica, o ecocentrismo, influye positivamente en el comportamiento ecológico de un individuo, mientras que la antropocéntrica tiene influencia negativa.

3 Metodología

3.1 Muestra

En este trabajo de investigación, se ha llevado a cabo un muestreo no probabilístico, ya que no todas las personas han tenido la posibilidad de colaborar [SCH01]. Por conveniencia, se diseñó un cuestionario online creado con Google Forms que fue compartido en redes sociales: WhatsApp, Instagram, Facebook y Telegram. Las respuestas se midieron con una escala de tipo Likert de 7 niveles según el grado de conformidad del encuestado, creada por Rensis Likert en 1932 [LIK32].

A continuación, se presentan algunos datos sociodemográficos de la muestra obtenida. El tamaño muestral recogido consta de un total de 167 individuos, de los que, la mayoría, 122 (73,1%) son mujeres y 45 (26,9%) son hombres (Figura 8).

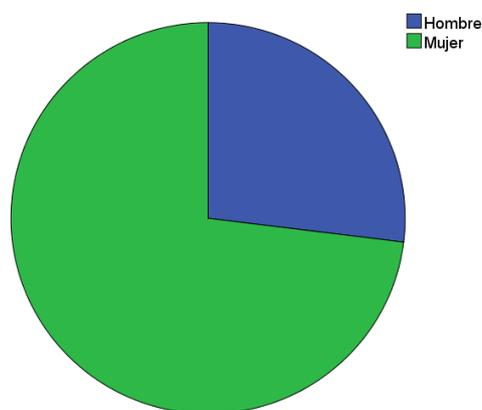


Figura 8: Distribución de la muestra según el sexo

La Figura 9 nos informa sobre la ocupación de los participantes, de los cuales 90 individuos (53,9%) están activos, 28 (16,8%) están desempleados, 44 (26,3%) son estudiantes y 5 (3%) son pensionistas.

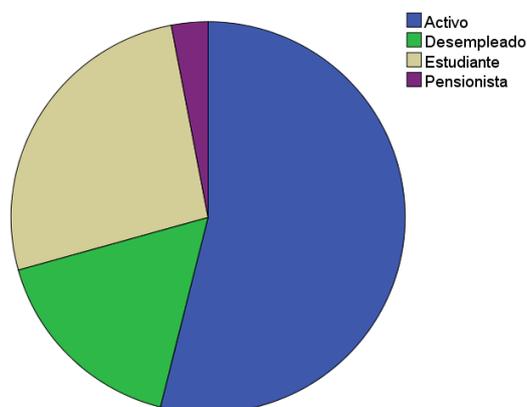


Figura 9: Distribución de la muestra según la ocupación

En la Figura 10 podemos observar como la mayor parte de la muestra recogida (80,2%) reside en Ceuta, el 9% reside en Granada y apenas el 10,8% en el resto de ciudades a nivel nacional e internacional.

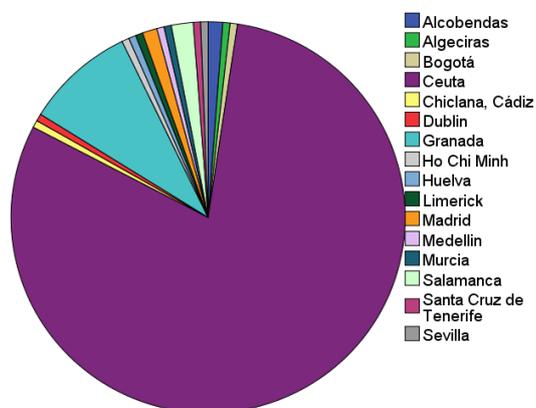


Figura 10: Distribución de la muestra según la ciudad de residencia

A continuación, se procede a recodificar la variable “edad” en cuatro categorías (Figura 11), donde podemos observar que el 50% de la muestra obtenida se concentra en individuos con edades comprendidas entre 26 y 45 años y casi el 50% restante, en individuos entre 15 y 25 años, y entre 46 y 65 años. El resto, solamente 3 encuestados, son mayores de 65 años de edad.

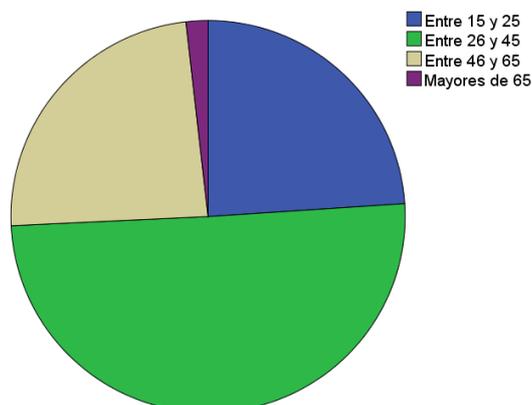


Figura 11: Distribución de la muestra según la edad

En el siguiente análisis descriptivo se procede a recodificar la variable “ingresos” en cuatro categorías (Figura 12), siendo el valor “1” (25,9%) para individuos que no obtienen ningún ingreso económico, “2” (31,3%) para aquellos que tienen algún tipo de ingreso de hasta 1000 euros mensuales, “3” (19,9%) para individuos que obtienen ingresos entre 1001 y 1500 euros

(50,3%), “4” (10,2%) para individuos que obtienen ingresos entre 1501 y 2000 euros, “5” (12,7%) para aquellos que obtienen un ingreso mayor que 2000 euros al mes.

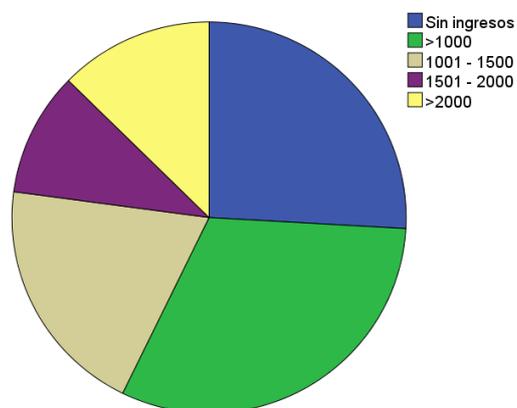


Figura 12: Distribución de la muestra según los ingresos mensuales

3.2 Modelo conceptual

Para realizar esta investigación hemos partido de la TCP (Teoría del Comportamiento Planeado) dónde las intenciones de realizar distintos tipos de comportamientos se podrían predecir con bastante precisión a través de las actitudes, normas subjetivas y el control percibido hacia el comportamiento real explicando su variación considerada [AJZ91].

A este modelo teórico, hemos procedido a añadir la variable obligación moral (Figura 12) en base a artículos previos, los cuales indicaron que esta variable mejoraba significativamente la capacidad de predecir las intenciones de los individuos [BEC91]. Además, el comportamiento proambiental contiene factores de moralidad personal y responsabilidad social por lo que se considera necesario incluirla dentro del modelo de la TCP, y así aumentar el poder explicativo de las intenciones de los individuos de llevar a cabo comportamientos ecológicos, con el fin de paliar el cambio climático [CHE16].

También, hemos incorporado la variable preocupación medioambiental (Figura 13) debido a que la intención de compra se ve afectada por un consumo responsable y respetuoso hacia el medio ambiente. Como consecuencia, existen diversos estudios científicos que se enfocaron en analizar la intención de los individuos de comprar productos verdes o ecológicos condicionada por la preocupación medioambiental [ORD21].

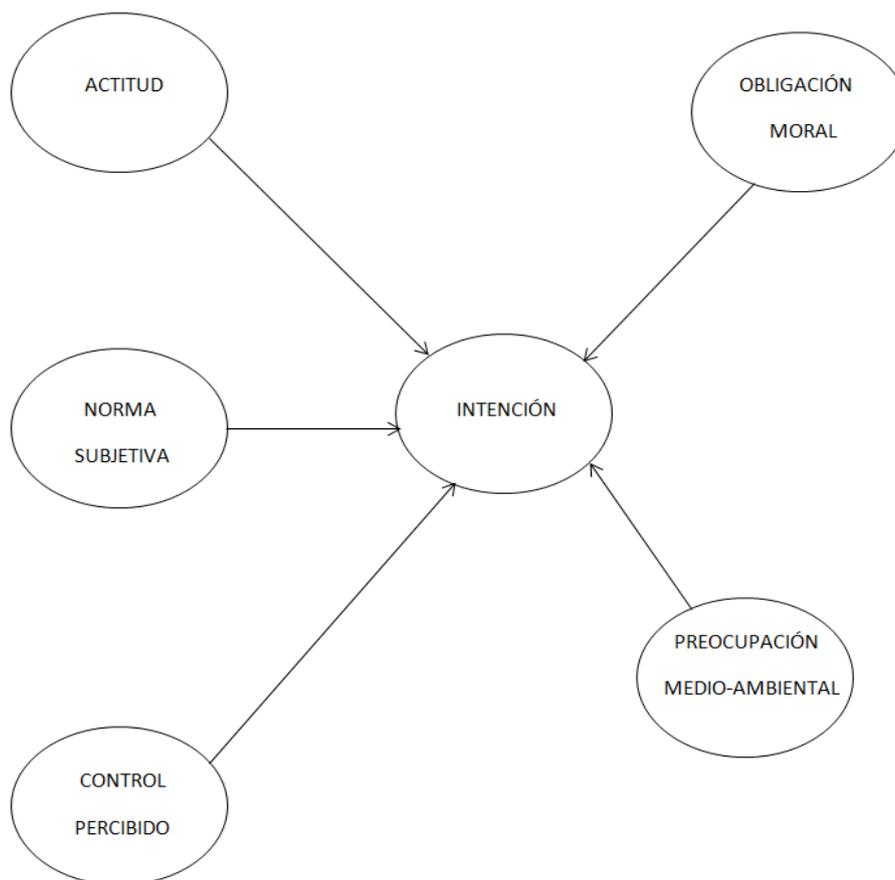


Figura 13: Modelo de investigación

3.3 Instrumentos psicométricos

Para medir las variables actitud, normas subjetivas, percepción de control e intención, siguiendo el modelo TCP hemos utilizado escalas basadas en varios autores [AJZ02], [AJZ06], [REG17], [ESP11], y adaptadas a nuestro trabajo de investigación, tal y como puede verse en la Tabla 1.

Tabla 1: Variables observadas basadas en la Teoría del Comportamiento Planeado

(IDs) Constructo	(IDs) Ítems
(ACT) Actitud hacia la reutilización de botellas	(act1) Reciclar botellas de plástico es necesario para el medio ambiente (act2) Colaborar con el medio ambiente es importante para mí (act3) Reciclar botellas de plástico es beneficioso para el medio ambiente (act4) Reciclar es satisfactorio

de plástico	<p>(act5) Reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo me parece totalmente innecesario o muy buena idea</p> <p>(act6) Me agrada reciclar</p>
<p>(NS) Normas subjetivas hacia la reutilización de botellas de plástico</p>	<p>(ns1) Las personas más importantes para mí influyen o no en mi decisión de reciclar</p> <p>(ns2) Mis amigos y familiares piensan que reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo es inútil o imprescindible</p> <p>(ns3) Las personas más importantes para mí piensan que es o no es buena idea reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo</p> <p>(ns4) Mi amigos y familiares se preocupan mucho o nada por reciclar</p>
<p>(PC) Percepción de control hacia la reutilización de botellas de plástico</p>	<p>(pc1) Reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo depende o no depende en absoluto de mí</p> <p>(pc2) En la ciudad donde resido hay suficientes empresas de productos de limpieza y aseo a granel</p> <p>(pc3) En mi ciudad de origen hay suficientes empresas de productos de limpieza y aseo a granel</p> <p>(pc4) En el país donde resido, encontrar empresas de productos de limpieza y aseo a granel es fácil o imposible</p> <p>(pc5) En mi país de origen, encontrar empresas de productos de limpieza y aseo a granel es fácil o imposible</p>
<p>(INT) Intención de reutilizar botellas de plástico</p>	<p>(int1) Rellenar las botellas de productos de limpieza y aseo para colaborar más con el medio ambiente me interesaría bastante o en absoluto</p> <p>(int2) Pagar por un servicio a domicilio para el relleno de botellas de productos de limpieza y aseo con un simple botón me interesaría bastante o en absoluto</p> <p>(int3) Seleccione cuántas veces rellenaría las botellas de productos de limpieza y aseo al mes de una vez o ninguna a siete veces o más</p> <p>(int4) Seleccione cuántas botellas de productos de limpieza y aseo rellenaría al mes de una vez o ninguna a siete veces o más</p>

Fuente: Elaboración propia

Para medir la obligación moral hemos utilizado una escala [MUL21] adaptada a nuestro trabajo de investigación (Tabla 2).

Tabla 2: Variables observadas de la obligación moral

(OM) Obligación moral	<p>(om1) Reciclar para cuidar del medio ambiente está dentro de mis principios</p> <p>(om2) Es mi deber moral reciclar siempre que sea posible</p> <p>(om3) Si no reciclo me sentiré culpable por no colaborar con el medio ambiente</p> <p>(om4) Reciclar me hace sentir que soy una mejor persona</p>
---------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia

Para medir la preocupación medioambiental hemos utilizado una escala [CAS06] adaptada a nuestro trabajo de investigación (Tabla 3).

Tabla 3: Variables observadas de la preocupación medioambiental

(PMA) Preocupación medioambiental	<p>(pma1) Reutilizo bolsas de plástico para compras futuras y/u otros fines</p> <p>(pma2) Tomo duchas cortas para limitar el uso de agua</p> <p>(pma3) Uso la lavadora sólo cuando tiene carga completa</p> <p>(pma4) Cuando viajo distancias cortas (aprox. 1–2 kilómetros) camino en lugar de conducir o viajar en autobús</p> <p>(pma5) Cuando estoy adentro, y si entra suficiente luz solar a través de las ventanas, uso la luz solar en lugar de luz artificial</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia

3.4 Análisis estadísticos previos

Tras realizar el cálculo de coeficiente de fiabilidad mediante el método Alfa de Cronbach, obtenemos el resultado mostrado en la Tabla 4.

Tabla 4: Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	Nº de elementos
,873	,884	28

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico SPSS

Se recomienda que este coeficiente esté lo más cercano al valor 1 y aunque sea de 0,873, en principio el modelo inicial demuestra una consistencia interna fiable [LÓP06]. Para analizar un constructo, el Alfa de Cronbach sería suficiente, pero para analizar el coeficiente de fiabilidad de varios constructos, como es nuestro caso, procederemos a realizar un Análisis Factorial Confirmatorio (AFC).

Para comenzar, la presencia de valores atípicos u outliers en un análisis multivariante, son observaciones que aparecen con valores extremos muy diferentes de otras y que suelen tener características peculiares tanto para las variables simples o combinadas. El tratamiento de estos valores atípicos consiste en eliminar estas observaciones de la base de datos para no incluirlos en cálculos posteriores. Para proceder a la depuración de estos datos nos fijamos en el valor de cuadrado de Mahalanobis (Tabla 5) con un nivel de significación de $p1 < .001$ [DHE18].

Tabla 5: Distancia de Mahalanobis al cuadrado

Número de observación	Distancia de Mahalanobis al cuadrado	p1	p2
60	91,065	,000	,000
70	63,911	,000	,000
119	52,448	,000	,000
11	46,302	,000	,000
66	45,773	,000	,000
158	43,390	,000	,000
134	43,300	,000	,000
50	43,255	,000	,000
4	40,680	,001	,000
116	39,693	,001	,000
43	38,174	,001	,000

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

Una vez eliminadas estas observaciones con valores atípicos, comprobamos que siguen apareciendo más según vamos excluyéndolas, llegando a descender un tamaño muestral de 167 a 111 individuos.

3.5 Análisis del modelo definitivo

Tras realizar el análisis de la fiabilidad individual de cada ítem, comprobamos que no todos cumplen con el valor mínimo aceptable de 0,5, que determina la varianza explicada de cada constructo o variable latente, por lo que procedemos a eliminar dichos ítems. En la Figura 14, se muestra el modelo de ecuaciones estructurales definitivo.

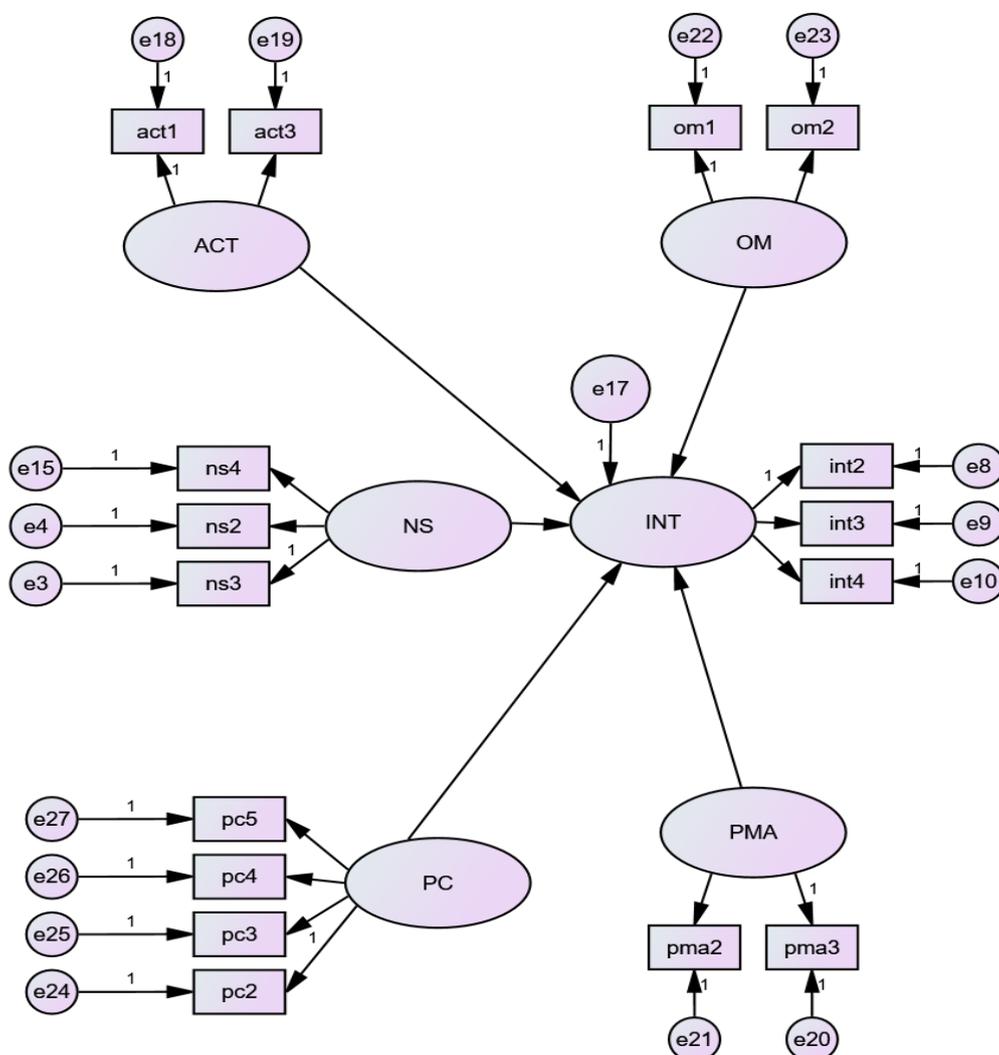


Figura 14: Modelo estructural

A continuación, procedemos a la evaluación del supuesto de normalidad de las variables

donde podemos comprobar (Tabla 6) que la variable observada pc4 es la única que sigue una distribución normal puesto que los ratios críticos de asimetría y de curtosis se encuentran dentro del intervalo +/-1,96, lo que permite aceptar la hipótesis, que plantea que la variable sigue una distribución normal. Sin embargo, las variables ns4, pc3, pc5 y ns2 no siguen una distribución normal según la simetría, pero sí desde el punto de vista de la curtosis mientras que el resto de variables, no siguen en absoluto una distribución normal. En cuanto a la normalidad multivariada (Tabla 6), evidentemente, no sigue una distribución normal según el ratio crítico que presenta, lo cual conlleva a no poder confirmar la hipótesis que sugiere la normalidad multivariada.

Tabla 6: Prueba de normalidad multivariante

Variable	min	max	skew	c.r.	kurtosis	c.r.
om2	4,000	7,000	-1,889	-8,123	2,719	5,848
om1	4,000	7,000	-1,748	-7,520	1,966	4,229
pma2	1,000	7,000	-1,351	-5,813	1,450	3,118
pma3	2,000	7,000	-1,369	-5,888	1,284	2,761
act3	6,000	7,000	-7,247	-31,170	50,518	108,644
act1	6,000	7,000	-5,833	-25,090	32,028	68,878
pc2	1,000	7,000	,405	1,743	-1,123	-2,415
ns4	1,000	7,000	-,725	-3,120	-,353	-,760
int4	1,000	7,000	-,319	-1,370	-1,122	-2,414
int3	1,000	7,000	-,488	-2,100	-1,005	-2,161
int2	1,000	7,000	-,808	-3,474	-,583	-1,254
pc3	1,000	7,000	,436	1,874	-1,009	-2,171
pc4	1,000	7,000	,183	,785	-,798	-1,716
pc5	1,000	7,000	,117	,501	-,946	-2,034
ns2	1,000	7,000	-,837	-3,602	-,149	-,320
ns3	1,000	7,000	-1,461	-6,284	1,462	3,143
Multivariante					152,145	33,395

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

Si unificamos los ítems para cada constructo y realizamos la prueba de normalidad para la

variable latente en sí mediante la Prueba de Kolmogorov-Smirnov (Tabla 7), comprobamos que tampoco cumplen el supuesto de normalidad, es decir, ninguno de los constructos obtienen un valor de significación menor que 0.05 ($p < .05$).

Tabla 7: Prueba de Kolmogórov-Smirnov

		Percepción de control	Normas subjetivas	Actitud	Intención	Obligación moral	Preocupación medioambiental
N		111	111	111	111	111	111
Parámetros normales	Media	15,1351	16,5045	13,9550	14,7748	13,1622	11,9820
	Desviación estándar	7,34536	4,14701	,28244	5,04648	1,51081	2,30013
Máximas diferencias extremas	Absoluta	,116	,178	,536	,109	,413	,197
	Positivo	,116	,139	,437	,109	,290	,190
	Negativo	-,104	-,178	-,536	-,108	-,413	-,197
Estadístico de prueba		,116	,178	,536	,109	,413	,197
Sig. asintótica (bilateral)		,001	,000	,000	,003	,000	,000

Fuente: Elaboración propia mediante el paquete estadístico SPSS

A continuación, procedemos a analizar la fiabilidad compuesta y la varianza extraída. Podemos comprobar que dichos valores cumplen el mínimo aceptable de 0,7 para la fiabilidad individual y 0,5 para la varianza extraída [HAI14] según se puede ver en la Tabla 8.

Tabla 8: Análisis Factorial Confirmatorio (AFC)

Ítems	Hasta		De	Coefficiente Estándar(CE)	R ²	CE ²	1-R ²	Fiabilidad compuesta	Varianza extraída
1	ns3	←	NS	0,830	0,69	0,69	0,31		
2	ns2	←	NS	0,937	0,88	0,88	0,12		
3	ns4	←	NS	0,718	0,52	0,52	0,48	0,87	0,69
4	pc2	←	PC	0,862	0,74	0,74	0,26		
5	pc5	←	PC	0,964	0,93	0,93	0,07		
6	pc4	←	PC	0,962	0,93	0,93	0,08		
7	pc3	←	PC	0,851	0,73	0,72	0,28	0,95	0,83

8	int2	←	INT	0,659	0,43	0,43	0,57		
9	int3	←	INT	0,756	0,57	0,57	0,43		
10	int4	←	INT	0,806	0,65	0,65	0,35	0,79	0,55
11	act1	←	ACT	0,764	0,58	0,58	0,42		
12	act3	←	ACT	1,064	1,13	1,13	-0,13	0,92	0,86
13	pma3	←	PMA	0,794	0,63	0,63	0,37		
14	pma2	←	PMA	0,732	0,54	0,54	0,47	0,74	0,58
15	om1	←	OM	0,831	0,69	0,69	0,31		
16	om2	←	OM	1,023	1,05	1,05	-0,05	0,93	0,87

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

En la Tabla 9, podemos observar que las correlaciones entre las variables latentes obtienen un valor inferior a 0,8, es decir, que no presentan multicolinealidad, demostrando así que son constructos diferentes que no explican información redundante.

Tabla 9: Análisis de multicolinealidad

	Estimate
NS <--> ACT	,083
NS <--> PC	,246
PC <--> PMA	,107
PMA <--> OM	,356
ACT <--> OM	,094
PC <--> ACT	-,129
PC <--> OM	,010
NS <--> PMA	,185
ACT <--> PMA	,237
NS <--> OM	,281

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

Según el análisis de correlación de Pearson (Tabla 10), podemos observar que las variables:

- Obligación moral está, positiva y significativamente, correlacionada con las variables

normas subjetivas y preocupación medioambiental.

- Intención está, positiva y significativamente, correlacionada con las variables normas subjetivas y percepción de control.
- Normas subjetivas está, positiva y significativamente, correlacionada con las variables obligación moral, percepción de control e intención.
- Percepción de control está, positiva y significativamente, correlacionada con las variables intención y normas subjetivas.
- Preocupación medioambiental está, positiva y significativamente, correlacionada con la variable obligación moral.
- Actitud no está correlacionada con ninguna de las variables en cuestión.

Tabla 10: Correlación de Pearson

	Obligación moral	Intención	Normas subjetivas	Percepción control	Preocupación medioambiental	Actitud
Obligación moral	1	,111	,263**	,041	,307**	,124
		,246	,005	,666	,001	,195
	111	111	111	111	111	111
Intención	,111	1	,299**	,486**	,044	-,141
	,246		,001	,000	,650	,140
	111	111	111	111	111	111
Normas subjetivas	,263**	,299**	1	,288**	,105	,097
	,005	,001		,002	,273	,310
	111	111	111	111	111	111
Percepción control	,041	,486**	,288**	1	,134	-,124
	,666	0,000	,002		,162	,194
	111	111	111	111	111	111
Preocupación Medioambiental	,307**	,044	,105	,134	1	,167
	,001	,650	,273	,162		,080
	111	111	111	111	111	111
Actitud	,124	-,141	,097	-,124	,167	1
	,195	,140	,310	,194	,080	
	111	111	111	111	111	111

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

A continuación, procedemos a analizar el estadístico-radio de verosimilitud Chi-cuadrado (Tabla 11), dividiéndolo entre los grados de libertad (147,98/89) y obteniendo un valor de Chi-cuadrado normalizada de 1,66. Éste es menor que 2, estando el valor recomendado para un ajuste aceptable entre 2 y 3, con un límite de hasta 5, aunque este valor estadístico es sensible al tamaño muestral [ESC16].

Tabla 11: Prueba χ^2

Chi-cuadrado (Chi-square)	Grados de libertad (Degrees of freedom)	Chi-cuadrada normalizada
147,98	89	1,66

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

Para evaluar otras medidas del modelo, procedemos a analizar los siguientes métodos de estimación y ajustes de bondad (Tabla 12).

Tabla 12: Medidas de ajustes de bondad

Coeficientes de bondad	Goodness of Fit Index (GFI)	Normed Fit Index (NFI)	Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	Comparative Fit Index CFI
Valores recomendados	Superiores a 0,9	Superiores a 0,9	Inferiores a 0,08	Próximos a 1
	0,86	0,88	0,07	0,95

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

El siguiente análisis de la matriz de validez discriminante (Tabla 13) nos muestra en la diagonal, la raíz cuadrada de la varianza extraída de cada constructo, o lo que es lo mismo, la media de los coeficientes estandarizados de las variables observadas de cada constructo. Estos valores deben ser mayores, tanto horizontal como verticalmente, para verificar que los constructos no miden lo mismo y, efectivamente, podemos observar que se cumple la matriz de validez discriminante.

Tabla 13: Matriz de validez discriminante

	ACT	NS	PC	INT	OM	PMA
ACT	0,927					
NS	0,097	0,830				
PC	-0,124	0,288	0,911			
INT	-0,141	0,299	0,486	0,741		
OM	0,124	0,263	0,041	0,111	0,932	
PMA	0,167	0,105	0,134	0,044	0,307	0,761

Fuente: Elaboración propia

3.6 Planteamiento de las hipótesis

Para sacar conclusiones reales, se deben plantear y analizar suposiciones fundamentadas en investigaciones previas. A continuación, planteamos la supuesta, o no, influencia de cada una de las variables que explican la intención de reutilización de botellas de plástico de los 111 encuestados.

Aunque los consumidores muestren actitudes por la preocupación medioambiental, no siempre influyen en su comportamiento de compra, sobre todo cuando implica un coste mayor del producto. Existen ciertas discrepancias en investigaciones académicas, en cuanto a la influencia de la actitud frente al consumo de productos verdes, denominándose inconsistencia de compra verde [BÓS21]. Estudios previos [MUL21], demuestran que la actitud no influye significativamente en la compra de este tipo de productos, planteando como consecuencia, la siguiente hipótesis:

H1: *La actitud hacia el medio ambiente no influye en la intención de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo.*

La presión de las normas sociales y de la ideología de las personas más importantes para un individuo suelen influir en su comportamiento. Es decir, cuanto más presión del entorno social y/o familiar perciba una persona, mayor será su intención de realizar o no un comportamiento concreto. Según investigaciones previas [JAN11], existen evidencias de que las normas subjetivas y la intención de reciclaje están significativamente correlacionadas [MUL21]. Como consecuencia, planteamos la siguiente hipótesis:

H2: *Las normas subjetivas tienen un efecto positivo hacia la intención de reutilizar botellas de*

plástico en productos de limpieza y aseo.

Según Ajzen [AJZ91], existe una diferencia entre el control real de la conducta de un individuo, que depende de las posibilidades o recursos disponibles que posee éste en cuanto a realizar un comportamiento determinado, y la percepción de control del individuo, que es fundamental para estimar la disposición en la intención de compra de productos ecológicos, y que depende del grado de dificultad o facilidad que posee para llevarla a cabo [PUE14], planteando en consecuencia la siguiente hipótesis:

H3: *La percepción de control tiene un efecto significativamente positivo hacia la intención de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo.*

La obligación moral influye significativamente en la intención de consumir productos respetuosos con el medio ambiente, debido a que conlleva un sacrificio en tiempo y coste el hecho de reciclar. Un estudio reciente de los factores psicosociales hacia una conducta proambiental, halló un apoyo empírico en la adición de esta variable para predecir la intención de un consumo responsable [CHA13]. Como consecuencia, planteamos la siguiente hipótesis:

H4: *La obligación moral tiene un efecto significativo en la intención de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo.*

Los valores personales se han convertido en una variable imprescindible para explicar y comprender la preocupación medioambiental. Estos valores y creencias individuales están significativamente relacionados con la intención de llevar a cabo, o no, un comportamiento respetuoso con el medio ambiente [GON98]. Para conocer si esta influencia es significativa además de, negativa o positiva, procedemos al planteamiento de la siguiente hipótesis:

H5: *La preocupación medioambiental influye significativamente ya sea de forma positiva o negativa hacia la intención de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo.*

4 Resultados e interpretación de los datos de la encuesta

Los análisis de las hipótesis demuestran que las variables *percepción de control* y *normas subjetivas* son las únicas que influyen positiva y significativamente sobre la intención de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo. En la Figura 15, podemos observar los coeficientes beta o coeficientes estandarizados con sus p-valores correspondientes.

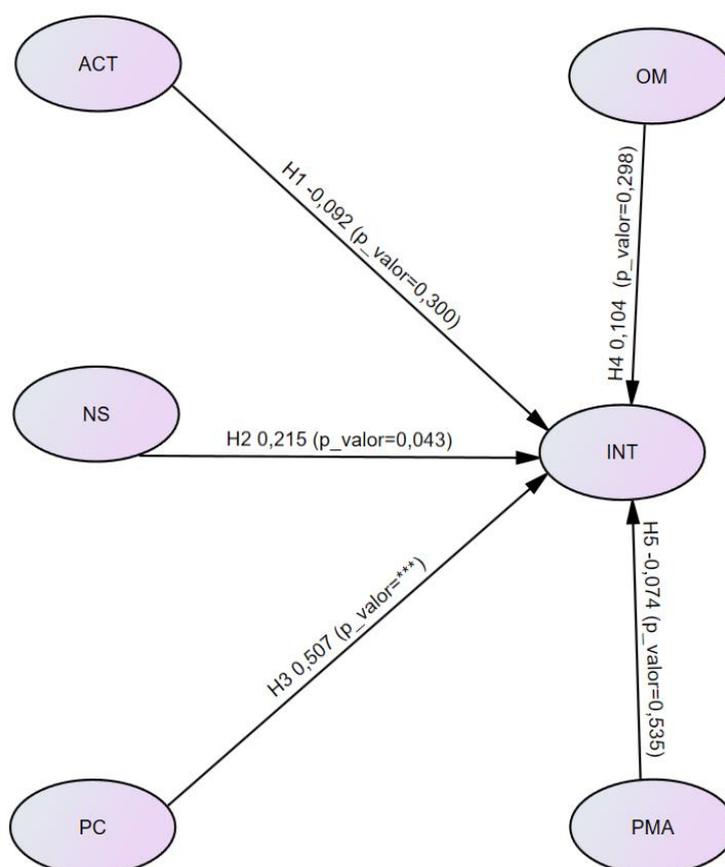


Figura 15: Resultado de las hipótesis planteadas

En la Tabla 14 podemos observar que *la percepción de control es la variable que más influye positiva y significativamente* en la intención de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo, implicando así un apoyo empírico a la TCP que añade precisamente esta nueva variable en comparación con la TAR.

Tabla 14: Resultado de las hipótesis planteadas

Hipótesis	Coefficientes estandarizados	P_valor	Apoyo empírico
H1: Actitud -> Intención	-0,092	0,300	SÍ

H2: Normas subjetivas -> Intención	0,215	0,043	SÍ
H3: Percepción de control -> Intención	0,507	***	SÍ
H4: Obligación moral -> Intención	0,104	0,298	No
H5: Preocupación medioambiental -> Intención	0,074	0,535	No

Fuente: Elaboración propia mediante el programa estadístico AMOS

En cuanto a la actitud hacia el reciclaje de los encuestados, queda demostrado, con un p_valor mayor que 0,05, que es incongruente con la intención de un consumo ecológico de éstos, como indica la literatura revisada, en lo que a esta hipótesis planteada se refiere. Dicho de otra manera, aunque las personas muestren una actitud positiva hacia el cuidado medioambiental no quiere decir que influya en sus intenciones de reciclaje o reutilización. Aceptando, como consecuencia, la hipótesis **H1**.

En cuanto a la variable que estudia las normas subjetivas, con un resultado de p-valor <.05, también demuestra, aunque en menor medida que la percepción de control, que tienen una influencia positiva y significativa sobre la intención, es decir, que el entorno o las personas más importantes de un individuo influyen positiva y significativamente en esta intención de reutilización de botellas de plástico. Dicho de otra manera, cuanto más concienciada esté la persona, en cuanto al cuidado medioambiental y cuanto más concienciado esté el entorno de un individuo, mayor será la intención del cuidado medioambiental de éste. Aceptando, como consecuencia, la hipótesis **H2**.

Según los resultados obtenidos en la Tabla 14, con un p-valor <.001, queda demostrado que *cuanta más percepción de control tengan los individuos, más intención* tendrán de llevar a cabo un consumo responsable con respecto a las botellas de plástico. Aceptando, como consecuencia, la hipótesis **H3**.

La obligación moral y la preocupación medioambiental, por sus respectivos p_valores mayores que 0,05, también demuestran que no influyen significativamente en la intención de reutilizar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo. No aceptando, como consecuencia, las hipótesis **H4 y H5**.

El hecho de no incorporar la variable comportamiento, puede que no haya sido favorable en este estudio, aunque se buscaba estudiar la intención en concreto, debido a la pérdida de

información tras la eliminación de muchas observaciones atípicas y varios ítems que no cumplían con la fiabilidad individual mínima recomendada. Algunos constructos quedaron con solo dos ítems, cuando algunos autores recomiendan incluso eliminar el constructo entero, a dejarlo con solo dos variables observadas (REF). Además, se comprobó el ajuste del modelo procediendo a eliminarlos, pero se perdía más información aún, cuando la variable dependiente intención quedó explicada por las variables endógenas (actitud, normas subjetivas, percepción de control, preocupación medioambiental y obligación moral) con un coeficiente de determinación de casi un 40%. Es decir, que introduciendo otras variables al modelo, podría aumentar la varianza extraída de la intención estudiada.

En el siguiente análisis, procedemos a conocer la preocupación medioambiental según el nivel de estudios de los encuestados.

Tabla 15: Preocupación medioambiental según el nivel de estudios

Nivel de estudios	Preocupación medioambiental											
	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	Total
Doctorado	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	2	5
Posgrado	0	0	0	1	0	0	3	3	4	1	7	19
Graduado o licenciado	0	1	0	1	1	1	2	2	6	3	9	26
Técnico superior	0	1	0	1	0	0	0	4	4	2	5	17
Formación profesional	0	0	0	0	1	1	2	1	1	3	3	12
Bachillerato	1	0	0	0	0	3	0	3	2	0	7	16
E.S.O. o equivalente	0	0	1	0	0	0	0	0	5	0	8	14
Sin estudios	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	2
Total	1	2	1	3	2	5	7	13	26	10	41	111

Fuente: Elaboración propia mediante el paquete estadístico SPSS

En la Tabla 15, podemos observar, en la columna 14 (que es el máximo valor de esta variable tras calcularla a partir de las variables pma2 y pma3), que el mayor número de observaciones (9) se concentra en individuos que obtienen una titulación de Graduado o Licenciado y el menor número de observaciones (0) en individuos sin estudios. Aunque, hay que tener en cuenta el número de observaciones, es decir, que 9 de 26 demuestran una gran preocupación medioambiental, los individuos sin estudios son solamente dos y también demuestran una

gran preocupación por el medio ambiente cuando están concentrados en las siguientes columnas con mayor valor de esta variable (12 y 13). Finalmente, se puede concluir que la preocupación medioambiental general es alta. Según los resultados, del total de las columnas correspondientes a los niveles de estudios 11,12,13 y 14, que son los que suman un mayor valor de esta variable con un total de 90 encuestados, otorgan una clara importancia a la preocupación por el medio ambiente.

Según los resultados de la Tabla 16, calculamos el número de botellas de plástico de productos de limpieza y aseo que ahorraríamos al mes reutilizándolas. También, se pueden apreciar diferencias en la intención de reutilización de éstas entre hombres y mujeres, aunque no se proceda a comparar, puesto que existe una diferencia de casi el cuádruple en el número de observaciones entre ambos sexos. Además, 24 observaciones es un tamaño muy poco representativo para tenerlo en cuenta.

Tabla 16: Número de veces que se rellenarían las botellas al mes (int3) según el sexo

Nº veces que rellenarían las botellas al mes	Hombres	Mujeres	Total
1	0	10	10
2	1	8	9
3	1	8	9
4	3	15	18
5	5	12	17
6	2	7	9
7	12	27	39
Total	24	87	111

Fuente: Elaboración propia mediante el paquete estadístico SPSS

En principio podemos observar que, si se llevara a cabo este tipo de servicio, obtendríamos un ahorro considerable de botellas. En principio, procedemos a multiplicar las veces que indicaron los individuos que rellenarían las botellas al mes por cada frecuencia del total de individuos, para sumarlos posteriormente. Para hacer este cálculo suponemos que las botellas sólo se rellenan una vez, que cuando en el cuestionario se selecciona 7 o más, utilizamos el valor 7 y cuando en el cuestionario se selecciona 1 vez o menos, suponemos el valor 0, calculando así el mínimo de botellas que rellenarían al mes. Obteniendo finalmente un ahorro mínimo de 529

botellas al mes por cada 111 individuos (Tabla 17).

Tabla 17: Cálculo del número mínimo de veces que se rellenarían las botellas al mes

Nº veces que rellenarían las botellas al mes	Frecuencia	(Nº veces que rellenarían las botellas al mes) * (Frecuencia)
2	9	18
3	9	27
4	18	72
5	17	85
6	9	54
7	39	273
Suma total		529

Fuente: Elaboración propia

Para calcular el número de botellas que los encuestados indicaron que rellenarían al mes, multiplicamos el número de botellas por cada frecuencia (Tabla 18) y sumamos. Para el cálculo suponemos el mínimo para la selección de los valores extremos de la escala de medida, es decir, del 1 y del 7 en el cuestionario. Para el valor 7 del cuestionario, suponemos que los individuos se refirieran a solo 7 botellas, cuando el cuestionario refiere este valor a 7 o más. Y para el valor 1 del cuestionario, suponemos que los individuos se refirieran a 0 veces, cuando el cuestionario refiere este valor para 1 botella o menos.

Tabla 18: Número de botellas que se rellenarían al mes (int4)

Nº botellas que rellenarían al mes	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	7	6,3	6,3	6,3
2	9	8,1	8,1	14,4
3	15	13,5	13,5	27,9
4	19	17,1	17,1	45,0
5	17	15,3	15,3	60,4
6	5	4,5	4,5	64,9

7	39	35,1	35,1	100,0
Total	111	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia mediante el paquete estadístico SPSS

Obteniéndose un ahorro de 527 botellas al mes, como mínimo, por cada 111 viviendas o familias (Tabla 19).

Tabla 19: Cálculo del número mínimo de botellas que se rellenarían al mes

Nº botellas que rellenarían al mes	Frecuencia	(Nº botellas que rellenarían al mes al mes) * (Frecuencia)
2	9	18
3	15	45
4	19	76
5	17	85
6	5	30
7	39	273
Suma total ((Nº botellas que rellenarían al mes al mes) * (Frecuencia))		527

Fuente: Elaboración propia

Además, creamos una nueva variable llamada botellas_X_veces (Tabla 20), en la que multiplicamos las variables int3 por int4 (número de botellas por el número de veces que las rellenaría al mes cada individuo), con el fin de obtener el ahorro total de estos 111 encuestados.

Tabla 20: Consumo total de botellas rellenadas al mes por cada individuo

	N	Mínimo	Máximo	Suma	Media	Desviación estándar
botellas_X_veces	111	1	49	2867	25,8288	16,79874

Fuente: Elaboración propia mediante el paquete estadístico SPSS

En la Tabla 18, podemos observar la suma de un consumo total de 2.867 botellas de plástico en productos de limpieza y aseo por cada 111 individuos o familias, es decir, un consumo de un solo uso de un recipiente desorbitado que se podría reutilizar sin ningún tipo de problema.

A continuación, se pretende conocer si hay empresas que ofrezcan este tipo de servicio de productos de limpieza a granel a las personas que han rellenado las encuestas. Esto implica que, si las empresas que suministran productos de limpieza y aseo a granel no ofrecen servicio en la localidad de residencia de los individuos, podemos cuestionarnos si las personas no reutilizan las botellas porque no disponen de este servicio o porque voluntariamente deciden no hacerlo.

Tabla 21: Disponibilidad de empresas proveedoras de productos de limpieza y aseo a granel (pc2) según la ciudad de residencia

Ciudad de residencia	Empresas proveedoras de productos de limpieza y aseo a granel disponibles según los encuestados							
	1	2	3	4	5	6	7	Total
Alcobendas	1	1	0	0	0	0	0	2
Algeciras	1	0	0	0	0	0	0	1
Bogota	1	0	0	0	0	0	0	1
Ceuta	21	12	11	16	12	3	7	82
Chiclana	1	0	0	0	0	0	0	1
Dublin	1	0	0	0	0	0	0	1
Granada	2	2	1	1	0	0	8	14
Ho Chi Minh	0	0	0	0	0	0	1	1
Huelva	1	0	0	0	0	0	0	1
Madrid	0	0	0	0	0	1	1	2
Murcia	0	1	0	0	0	0	0	1
Salamanca	1	1	0	1	0	0	0	3
Santa Cruz de Tenerife	0	0	0	0	1	0	0	1
Total	30	17	12	18	13	4	17	111

Fuente: Elaboración propia mediante el paquete estadístico SPSS

Tras analizar las respuestas, Tabla 21, la variable pc2 (disponibilidad de este tipo de servicio

según la ciudad donde residen los encuestados), podemos observar como la mayoría de las observaciones coinciden en el valor 1 de un total de 30 individuos. El valor 1 indica que hay 1 o ninguna empresa proveedora de este tipo de servicios. También se puede observar que el valor en Ceuta es 21, que es donde se concentra el mayor número de observaciones de la muestra (82); en cuanto a los 14 individuos de Granada, 8 de ellos, encuentran disponibilidad de este tipo de servicio con un valor máximo de 7 para esta variable. La siguiente mayoría de encuestados coinciden en la columna 4, de donde se puede deducir que desconocen la existencia de este tipo de servicio en su localidad, ya que han elegido el valor 0. A continuación, procedemos a analizar la predisposición de los encuestados a pagar por un servicio a domicilio de este tipo de productos como indica la variable int2.

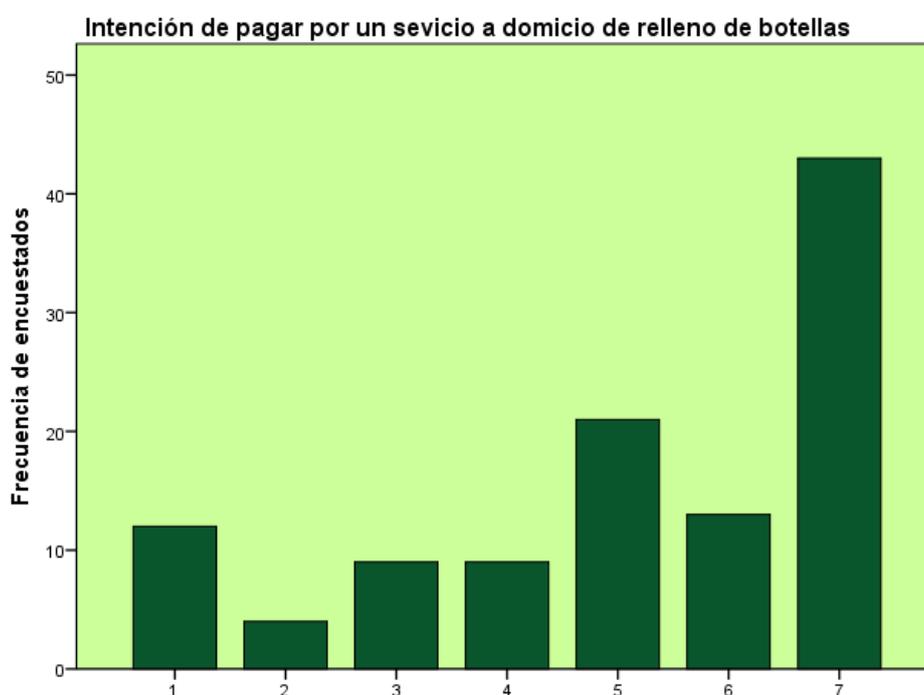


Figura 16: Disposición de los encuestados a asumir el coste del servicio a domicilio

En la Figura 16, podemos observar, en el eje X la intención (valorada del 1 al 7) de los encuestados de pagar por este servicio a domicilio, y en el eje Y, el número de encuestados. Comprobamos, que casi el 40% de los encuestados, estaría dispuesta a pagar un coste adicional con el fin de proteger el medio ambiente y tener la comodidad que conlleva todo servicio a domicilio, convirtiéndose en una tendencia creciente, desde el confinamiento, debido a la pandemia por COVID-19. Algunos de los servicios más demandados fueron, comprar a domicilio, pedir medicamentos a la farmacia o encargar comida a domicilio. Esto ha sido posible gracias a aplicaciones como Glovo o Happy City, que recogen cualquier producto de cualquier establecimiento de la ciudad y lo entregan en cualquier domicilio. Esto demuestra

que las personas están dispuestas a asumir un coste extra a cambio de comodidad, aún en tiempos de crisis tras una pandemia mundial. En la Tabla 22 se pueden ver las cifras exactas del interés de los encuestados.

Tabla 22: Interés de los individuos por este servicio a domicilio

Valor	Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
1	12	10,8	10,8	10,8
2	4	3,6	3,6	14,4
3	9	8,1	8,1	22,5
4	9	8,1	8,1	30,6
5	21	18,9	18,9	49,5
6	13	11,7	11,7	61,3
7	43	38,7	38,7	100,0
Total	111	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia mediante el paquete estadístico SPSS

En la Tabla 22, podemos observar que casi un 40% de los individuos valoran con un 7 el interés por este tipo de servicio, que con solo pulsar un botón vendrían a rellenar sus botellas, y casi un **70%** valoran entre 5 y 7 esta idea de modelo de negocio sostenible.

5 Creación de un prototipo de botella inteligente

Una vez analizados los resultados de las encuestas, en este trabajo de investigación, también se propone un prototipo de botella inteligente que facilite la idea propuesta de ofrecer un servicio a domicilio de rellenado de productos de higiene y limpieza.

La idea consiste en incluir un botón inteligente en cada botella de forma que cuando se acabe el contenido de la misma, cuando el usuario pulse ese botón, la empresa suministradora de productos de higiene y limpieza a granel, recibirá un email en el que se le indica que hay que rellenar ese producto.

A continuación vamos a ver los pasos que se han seguido para llevar a cabo el prototipo de botella inteligente.

5.1 Montaje hardware

Una de las plataformas de desarrollo hardware y software abierto más populares para la realización de proyectos de IoT es ARDUINO [ARD1]. Este es el principal motivo por el que se ha decidido utilizar esta plataforma para desarrollar nuestro prototipo de botella inteligente.

En este proyecto utilizamos una placa de desarrollo NodeMCU V3 basada en el módulo ESP8266 y compatible con ARDUINO. La placa está diseñada para facilitar la programación y el desarrollo de proyectos de IoT. Hemos elegido esta placa porque dispone de un módulo WiFi integrado lo que lo hace muy adecuado para proyectos IoT, ya que la tecnología WIFI nos va a permitir la conexión inalámbrica a Internet de nuestra botella. En la Figura 17, mostramos la placa y sus pines.

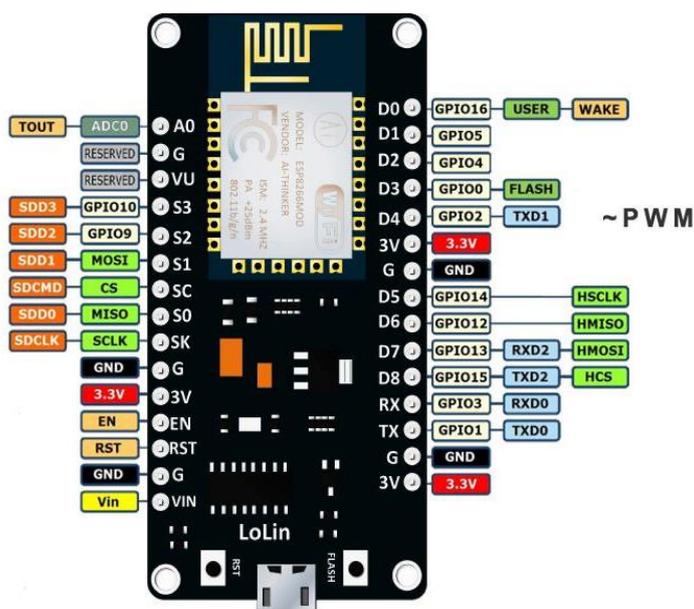


Figura 17: Placa NodeMCU V3 [ROL]

NodeMCU V3 utiliza el lenguaje de programación Lua, compatible con Arduino, y cuenta con una memoria flash de 4 MB para almacenar programas y datos. También incluye varios pines I/O que se pueden utilizar para leer datos de los sensores, controlar actuadores y comunicarse con otros dispositivos electrónicos.

Un tema importante en este tipo de proyectos es la alimentación. Como se trata de un objeto que necesita tener libertad de movimiento, hay que utilizar una batería. Hemos tratado de elegir una que fuera pequeña y duradera. En concreto, se ha escogido una batería LiFePo4 de 3,2 V, 700 mAH 7A, que permite alta corriente de descarga con una tensión prácticamente constante lo que permite aprovechar prácticamente el 100% de su energía.

En resumen, la placa elegida, es una placa de desarrollo versátil y fácil de usar, ideal para proyectos de IoT y con conectividad inalámbrica. Es muy utilizada por los desarrolladores debido a su accesibilidad y facilidad de uso.

Otro elemento imprescindible para nuestra botella es el botón, necesario para que, cada vez que se pulse, se solicite vía email el relleno a domicilio del producto de limpieza o aseo (Figura 18).



Figura 18: Microinterruptor de botón táctil de 4 pines [RAB]

Hemos querido incluir un led, que se enciende cada vez que pulsemos el botón y se apaga una vez enviado el correo electrónico, de forma que ayude al usuario a saber si se ha enviado o no su petición (Figura 19).



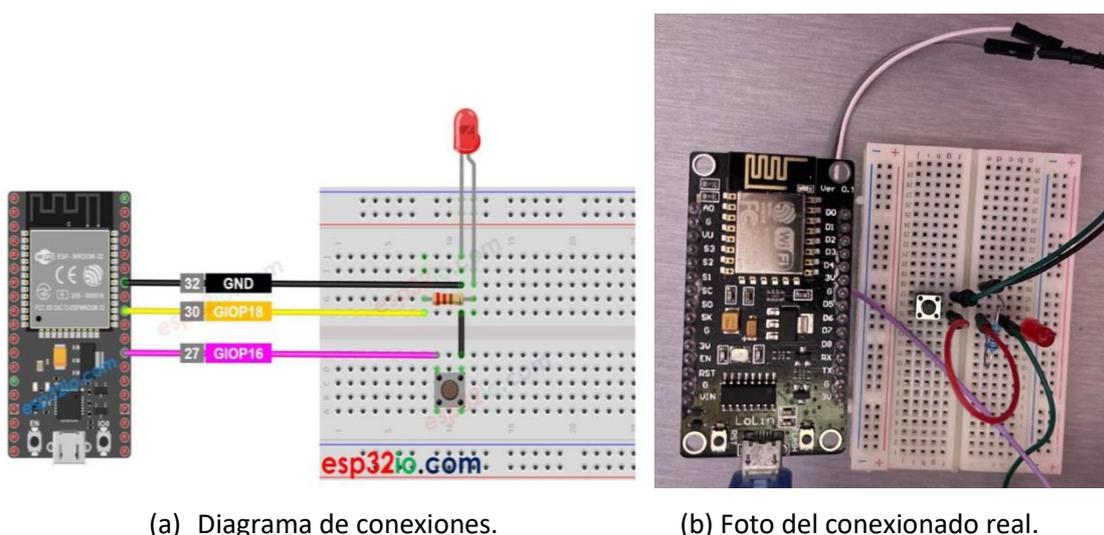
Figura 19: LED Rot 5mm [KAB]

Por último, es necesario añadir una resistencia para regular la cantidad de corriente que le llega al led, ya que si ésta es excesiva, se fundirá (Figura 20).



Figura 20: Resistencia 200 OHM 1% 1/4w 0,25w [LEA]

Una vez tenemos todos los elementos hardware, tenemos que conectarlos entre sí. El led, se ha conectado la pata negativa (o ánodo) a la toma de tierra de la placa NodeMCU V3 (GND) y la otra pata positiva (o cátodo) se ha conectado al extremo de una resistencia para disminuir la corriente que le llega a éste. La otra pata de la resistencia se ha conectado a la salida digital D0 (o GIOP18), de manera que a través del pin D0 le llegará al led la corriente cuando sea necesario que se encienda. En cuanto al botón, tiene conectada una pata tierra (GND) y la otra a la entrada digital D1 (o GIOP16). Es decir, a través del pin o entrada D1 le llegará la pulsación del botón al procesador de la placa. En la Figura 21, se muestra cómo se han conectado estos componentes para el correcto funcionamiento del circuito.



(a) Diagrama de conexiones.

(b) Foto del conexionado real.

Figura 21: Diagrama de conexiones [ESP]

5.2 Diseño de la botella inteligente

Una de las cuestiones que se plantearon en este proyecto era cómo integrar el circuito en una botella de plástico, para conseguir un diseño atractivo y que fuera cómodo para el usuario. Al final, se ha decidido diseñar una funda que rodea la botella, y que deja a la vista, solamente el botón pulsador y el led de confirmación. La funda dispone de un velcro ajustable, para que se pueda adaptar a distintos tamaños de botellas (Figura 22).



Figura 22: El prototipo de la botella inteligente

5.3 Programación del circuito

Una vez se ha hecho el montaje del hardware hay que escribir el programa que haga que cuando pulsemos el botón, se encienda el led y envíe el correo electrónico a la dirección de la empresa, y una vez enviado, se apague el led.

El programa se ha escrito en el entorno de programación Arduino IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) [ARD2]. IDE es un entorno de programación de hardware y software libre que permite crear aplicaciones para las placas de Arduino y compatibles.

El código fuente del programa (Apéndice 1) lleva a cabo varias funciones. La primera, es conectar la placa a una red Wifi, de la misma forma que conectamos, cualquier dispositivo a Internet por primera vez. Para ello, en el programa se define el nombre de la red y la

contraseña.

El programa, también tiene que encender el led cuando se pulsa el botón. Seguidamente, se envía el correo electrónico, que en este caso, hemos creado uno ficticio para simular el del cliente y el de una supuesta empresa proveedora de este tipo de servicio. Una vez enviado el correo electrónico, se apaga el led y se reinician los estados tanto del botón como del led.

Además, el programa se configuró para el servidor SMTP de Gmail, es decir, que los correos electrónicos, tanto de la empresa como del cliente, deberían ser de Gmail. El programa se puede modificar fácilmente para poder utilizar cualquier otro servidor de correo electrónico.

En esta programación, hemos supuesto que la empresa registra los datos de los clientes interna y confidencialmente. Por lo tanto, el correo electrónico sólo constaría de un mensaje de solicitud de pedido. Como los correos electrónicos son identificadores únicos, son suficientes para conocer los datos de los clientes cuando soliciten un pedido, como la dirección a donde se tiene que enviar el pedido o el tipo de producto solicitado. Protegiendo de esta manera al cliente, como regula la Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales.

5.4 Coste de la botella inteligente

Teniendo en cuenta los componentes de este proyecto IoT mencionados en el Apartado 5.1, procederemos a desglosar el coste que supondría para una empresa que se disponga llevar a cabo este modelo de economía circular, en busca de un equilibrio entre los beneficios medioambientales y económicos.

Tabla 23: Coste total de una botella inteligente

Componente	Coste del pedido mínimo	Coste por botella inteligente
Módulo inalámbrico V3, Node Mcu, 4M Bytes, Lua, WIFI. Placa de desarrollo basada en ESP8266, ESP-12E para Arduino Compatible	5,03€ + 1,80€ de gastos de envío [ALI]	6,83€
Interruptor de botón táctil PCB,	0,95€ + 0,68€ de	$(0,95€ + 0,68€)/20=0,08€$

microinterruptor DIP de 4 pines. Lote de 20 unidades MM 9MM	gastos de envío [ALI]	
Bombillas LED redondas transparentes de 5mm, diodo emisor de luz superbrillante, color verde, rojo, blanco, amarillo y azul. Lote de 50 unidades	0,65€ + 1,37€ de gastos de envío [ALI]	$(0,65€ + 1,37€)/50=0,04€$
Resistencia de película metálica. Lote de 20 piezas	0,68€ + 1,49€ de gastos de envío [ALI]	$(0,68€ + 1,49€)/20=0,10€$
Kit de Cable de puente de 40 pines macho a macho hembra a hembra, línea de electrones DIY, 2,54mm para PCB Arduino	0,99€ (Envío gratis) [ALI]	$0,99€/40= 0,02€$
Batería LiFePo4 AKKU 3,2V 700mAH 7A	10,49€ (Envío gratis en el primer pedido) [AMA]	10,49€
Tela para funda protectora y camuflaje. 1 metro	5€	$5€/4= 1,25€$
Cinta de cierre de gancho y bucle autoadhesiva. 1 metro	0,88€ (Envío gratis) [ALI]	$0,88€/10= 0,08€$
Mano de obra	5€	5€
Total	35,01€	23,89€

En total sumamos la cantidad de 23,89€ (Tabla 23) por botella inteligente, y sin aplicar el descuento que le supondría a una empresa por comprar grandes cantidades. En definitiva, no se puede equiparar el coste que supone este proyecto IoT integrado a una botella, a los beneficios medioambientales y como consecuencia, sociales generados.

Si contamos, además, con un plan renting para estas botellas inteligentes, estos gastos se amortizarían, estimando un coste mensual de 2 euros por cada botella, en un año aproximadamente.

6 Conclusiones y futuras líneas de trabajo

En este capítulo se presentan las conclusiones derivadas del estudio realizado, así como las limitaciones del trabajo y futuras líneas de continuación del trabajo.

6.1 Conclusiones

Con este trabajo de investigación, se pone de manifiesto la necesidad de concienciar a la población sobre toda actividad que conlleve reciclar, y/o reutilizar recipientes de plástico para respetar el medio ambiente. De hecho, la influencia de las normas subjetivas, es decir, la presión del entorno familiar y social de los individuos, hacia la intención de un consumo responsable, en la reutilización de botellas de plástico, resultó ser un factor determinante (Tabla 14).

Según los resultados obtenidos, también podemos concluir que si no hay suficiente labor de reciclaje o reutilización en la sociedad es porque tampoco existe una responsabilidad social suficiente por parte de las empresas. Este estudio demuestra (Tabla 19) que, si no hay empresas proveedoras de este tipo de productos a granel, siendo un modelo de negocio simple y bastante efectivo en cuanto a la reducción de la contaminación que supone el plástico, seguirá habiendo un consumo de plástico desmesurado, por mucho que estén los consumidores concienciados en cuanto al cuidado medioambiental.

Otro factor determinante encontrado hacia la intención estudiada, recae, y con más fuerza (Tabla 14), sobre la importancia de la influencia del control que perciben los individuos. Es decir, cuanto más control tienen sobre una acción o situación, en este caso, la reutilización de botellas, más posibilidades tienen de llevarla a cabo, colaborando así, con el cuidado medioambiental y, como consecuencia, por el bien común.

También podemos concluir que poner la tecnología al servicio de la economía circular, es sencillo y barato. Hemos demostrado que no es difícil hacer un prototipo de botella inteligente ya que la tecnología utilizada es muy popular, existen herramientas suficientemente desarrolladas y fiables, y además, es muy barato. Por lo tanto, utilizar la tecnología para cuidar el medioambiente es una solución factible para el actual reto de la preservación de la salud planetaria.

6.2 Implicaciones

El Gobierno debería ser el primer impulsor para promover actividades empresariales enfocadas hacia la economía circular, como por ejemplo, el Gobierno de Canarias está creando

una estrategia sobre plásticos llamada “**Cero plásticos de un solo uso en Canarias**” a través de la Consejería de Política Territorial, Sostenibilidad y Seguridad subvencionada por el Programa Operativo FEDER Canarias 2014-2020, en la que se llevó a cabo una estrategia con una serie de pautas enfocadas a la reducción radical de residuos plásticos y a la ciudadanía en su totalidad [GOB].

En este estudio también queda demostrado (Tabla 14) que el entorno social, compuesto por los familiares o amigos, juegan un papel importante en cuanto al cuidado medioambiental. Por lo tanto, sería conveniente realizar actividades de concienciación y educación por parte de las instituciones competentes, como se hace en el caso de campañas de concienciación de conducción por parte de la Dirección General de Tráfico (DGT) o campañas anti-tabaco por parte de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

La digitalización de las empresas es cada vez más una obligación. Utilizar IoT ofrece a las empresas una forma sencilla y barata de utilizar la tecnología. Por ejemplo, dentro del programa europeo Next Generation EU [EUR] se ofrecen numerosas ayudas a las empresas para su digitalización lo que refuerza nuestra idea de poner la tecnología al servicio del cuidado del medioambiente.

6.3 Limitaciones

Una de las limitaciones que hemos encontrado a la hora de llevar a cabo este trabajo ha sido el tamaño de la muestra, que no es muy amplio. Pensamos que puede ser debido a que cuando una encuesta no está incentivada económicamente o de alguna otra manera, resulta difícil la participación general de la población. Además, hay muchos trabajos de investigación que requieren la realización de una encuesta, por lo que las personas suelen estar cansadas o aburridas de rellenar cuestionarios. También, nos encontramos con los 56 outliers que se eliminaron y podrían ser individuos que mostraron desinterés rellenando el cuestionario disminuyendo así bastante nuestra muestra poblacional, lo que ha podido afectar negativamente al análisis y ajustes del modelo de investigación.

A la hora de analizar el origen de los participantes, hemos visto que el alcance de la muestra ha sido limitado. Puede ser porque, aunque nuestro estudio de investigación no esté enfocado a un punto geográfico específico, resulta claramente sesgado hacia una ubicación, como es Ceuta, luego Granada y algún que otro punto geográfico internacional. El motivo puede ser que haya influido mucho el lugar y el entorno desde el que se lanzó la encuesta, aunque sea en

modalidad online.

6.4 Futuras líneas de investigación

Una posible continuación de este trabajo, podría ser ofrecer, de forma gratuita y altruista, a varios usuarios un prototipo de la botella inteligente y estudiar su uso durante un tiempo. Luego, analizar tanto la experiencia de uso de la botella como su impacto a la hora de utilizar menos botellas de plástico.

Otra continuación conveniente, sería intentar ampliar la muestra ofreciendo algún tipo de incentivo, que comúnmente se hace para animar a la participación activa en un estudio.

También sería interesante, hacer un estudio más centrado en una zona geográfica concreta y contar con la participación de las empresas locales. Incluso, realizar un estudio exclusivamente para las empresas, y así conocer, los medios, recursos e intenciones, entre otras variables, de invertir en un proyecto IoT, como es el ejemplo propuesto en este trabajo de botellas inteligentes reutilizables.

Por último, también se podría añadir una variable de estudio a la intención de reutilización de botellas, como es la disposición de los clientes a contratar un plan de renting tecnológico, en este caso, alquiler de botellas inteligentes. Este plan conllevaría un coste menor, puesto que es más rentable pagar por algo una cantidad mínima mensual que comprarlo. Además, puede conllevar que las personas tengan más cuidado en su uso, ya que al no ser de su propiedad pueden tener más recelo a la hora de romperlas o estropearlas, impulsando así, un consumo más responsable.

7 Apéndices

7.1 APÉNDICE 1: Código fuente del programa

A continuación se muestra el código del programa basado en [M&V22], que se ejecuta en la placa Node MCU V3 comentado y adaptado a nuestro proyecto IoT:

```

/*Incluimos las librerías*/
#ifdef ESP32
#include <WiFi.h>
#elif defined(ESP8266)
#include <ESP8266WiFi.h>
#endif
#include <ESP_Mail_Client.h>

/*Insertamos las credenciales de red*/
#define WIFI_SSID "NOMBRE_RED" //Nombre de la RED
#define WIFI_PASSWORD "CONTRASEÑA" //Contraseña de acceso a la red

/*Configuración del servidor SMTP de Gmail*/
//Puerto SMTP (TLS): 587
#define SMTP_HOST "smtp.gmail.com"
#define SMTP_PORT 465

/* Datos de acceso a la cuenta de correo electrónico. */
#define AUTHOR_EMAIL "TU_CORREO@gmail.com"
#define AUTHOR_PASSWORD "TU_CONTRASEÑA"

/* Correo electrónico del destinatario*/
#define RECIPIENT_EMAIL "CORREO_DESTINATARIO@gmail.com"

/* Objeto SMTP para enviar el correo electrónico */
SMTPSession smtp;
/*Pines ESP8266 - NodeMCU 1.0(ESP-12E Module)*/
#define LedVerificacion 5 //Led para verificar mensaje enviado
#define SensorMagnetico 16 // Pulsador "PULL_DOWN" o botón

/* Variable auxiliar del estado del botón */
int EstadoSenMagnetico = 0; // Inicio del estado del botón

/* Función que configura el pin del botón como entrada y el pin del
led como salida */
void setup()
{
    pinMode(LedVerificacion, OUTPUT);
    pinMode(SensorMagnetico, INPUT);

    /* Inicio del estado del led a 0 V*/
    digitalWrite(LedVerificacion, LOW);
    Serial.begin(115200);
}

/* Función para leer el estado del botón, y en el caso de estar
pulsado, encender el led y enviar el correo electrónico */
void loop()
{

```

```

EstadoSenMagnetico = digitalRead(SensorMagnetico);

if (EstadoSenMagnetico == HIGH)
{
    digitalWrite(LedVerificacion, LOW);
} else
{
    digitalWrite(LedVerificacion, HIGH);
    delay(1000);
    EnviarMensajeGMAIL();
    digitalWrite(LedVerificacion, LOW);
    EstadoSenMagnetico = LOW; /* Reinicio del estado del botón a 0*/
    abort();
}
}

/* Función para enviar el correo electrónico bajo la configuración del
servidor de Gmail */
void EnviarMensajeGMAIL()
{
    Serial.begin(115200);

    pinMode(LedVerificacion, OUTPUT); // Definir el led como salida
    pinMode(SensorMagnetico, INPUT); // Definir el botón como entrada

    /* Conectando la placa a la red Wifi */
    Serial.println();
    Serial.print("Conectando a punto de acceso");
    WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
        Serial.print(".");
        delay(200);
    }
    Serial.println("");
    Serial.println("Conectado a WiFi.");
    Serial.println("Direccion IP: ");
    Serial.println(WiFi.localIP());
    Serial.println();

    /* Habilite la depuración a través del puerto serie
    * ninguno depurar o 0
    * depuración básica o 1
    */
    digitalWrite(LedVerificacion,HIGH);
    smtp.debug(1);

    /* Solicita resultados de envío */
    //smtp.callback(smtpCallback);

    /* Configurar datos de sesión */
    ESP_Mail_Session session;

    /* Configurar la sesión */
    session.server.host_name = SMTP_HOST;
    session.server.port = SMTP_PORT;

```

```

session.login.email = AUTHOR_EMAIL;
session.login.password = AUTHOR_PASSWORD;
session.login.user_domain = "";

/* Declara la clase del mensaje */
SMTP_Message message;

/* Configuración de la cabecera del mensaje */
message.sender.name = "Cliente ECO";
message.sender.email = AUTHOR_EMAIL;
message.subject = "Reserva";
message.addRecipient("Empresa Tecnológica ECO", RECIPIENT_EMAIL );

//Mensaje de texto que le llega a la empresa
String textMsg = "Buenas necesito aprovisionamiento por favor";
message.text.content = textMsg.c_str();
message.text.charSet = "us-ascii";
message.text.transfer_encoding =
Content_Transfer_Encoding::enc_7bit;
message.priority =
esp_mail_smtp_priority::esp_mail_smtp_priority_low;
message.response.notify = esp_mail_smtp_notify_success |
esp_mail_smtp_notify_failure | esp_mail_smtp_notify_delay;

/* Configura la cabecera personalizada */
//message.addHeader("Message-ID: <abcde.fghij@gmail.com>");

/* Conecta al servidor */
if (!smtp.connect(&session))
    return;

/* Manda correo y cierra sesión */
if (!MailClient.sendMail(&smtp, &message))
    Serial.println("Error sending Email, " + smtp.errorReason());
digitalWrite(LedVerificacion,LOW);

EstadoSenMagnetico = digitalRead(SensorMagnetico); //Indicamos que
la variable "EstadoSenMagnetico" sea igual a la lectura del botón

if(EstadoSenMagnetico == HIGH){ //Si se presiona el botón e ingresa
un 1 o HIGH "alto" cumplirá el siguiente bucle
    digitalWrite(LedVerificacion,HIGH);
}
delay(200);
}

```

7.2 APÉNDICE 2: Cuestionario

Tanto el título del cuestionario como las preguntas en sí, se diseñaron en términos generalizados con el fin de no sensibilizar a los encuestados y obtener unas respuestas lo más honestas posibles. Enlace a la encuesta en Google Form:

<https://forms.gle/tKGqEv2QxUfT7gVx9>

A continuación, se detallan las preguntas de la encuesta realizada.

Sección 1: Introducción al cuestionario

Título: Estudio sobre las botellas de plástico

Esta encuesta no le llevará más de cinco minutos completarla y el tratamiento de los datos serán totalmente anónimos.

Dicho estudio se utilizará exclusivamente para fines académicos y agradecemos encarecidamente tanto su colaboración como su honestidad.

Sección 2: Datos sociodemográficos

Sexo

- Hombre
- Mujer

Ciudad de residencia

- Texto de respuesta corta

País de residencia

- Texto de respuesta corta

Ciudad de origen

- Texto de respuesta corta

País de origen

- Texto de respuesta corta

Edad

- Texto de respuesta corta

Nivel de estudios

- Sin estudios
- E.S.O. o equivalente
- Formación Profesional
- Bachillerato
- Técnico Superior
- Graduado o Licenciatura
- Posgrado
- Doctorado

Ocupación

- Desempleado
- Estudiante
- Activo

- Pensionista

Ingresos mensuales en €

- Texto de respuesta corta

Sección 3: Actitud (Valore del 1 al 7)

Reciclar botellas de plástico es necesario para el medioambiente

- 1- Totalmente en desacuerdo
- 7- Totalmente de acuerdo

Colaborar con el medio ambiente es importante para mí

- 1- Totalmente en desacuerdo
- 7- Totalmente de acuerdo

Reciclar botellas de plástico es beneficioso para el medio ambiente

- 1- Totalmente en desacuerdo
- 7- Totalmente de acuerdo

Reciclar es satisfactorio

- 1- Totalmente en desacuerdo
- 7- Totalmente de acuerdo

Reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo me parece

- 1- Totalmente innecesario
- 7- Una muy buena idea

Me agrada reciclar

- 1- Totalmente en desacuerdo
- 7- Totalmente de acuerdo

Sección 4: Normas subjetivas (Valore del 1 al 7)

Las personas más importantes para mí

- 1- no influyen en absoluto en mi decisión de reciclar
- 7- influyen mucho en mi decisión de reciclar

Mis amigos y familiares piensan que reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo es

- 1- inútil
- 7- imprescindible

Las personas más importantes para mí piensan que

- 1- no es muy buena idea reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo
- 7- es muy buena idea reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo

Mi amigos y familiares

- 1- no se preocupan mucho por reciclar
- 7- se preocupan mucho por reciclar

Sección 5: Percepción de control (Valore del 1 al 7)

Reciclar botellas de plástico en productos de limpieza y aseo

- 1- no depende en absoluto de mí
- 7- depende únicamente de mí

En la ciudad donde resido hay suficientes empresas de productos de limpieza y aseo a granel

- 1- Totalmente en desacuerdo

- 7- Totalmente de acuerdo
- En mi ciudad de origen hay suficientes empresas de productos de limpieza y aseo a granel
- 1- Totalmente en desacuerdo
 - 7- Totalmente de acuerdo
- En el país donde resido, encontrar empresas de productos de limpieza y aseo a granel es
- 1- imposible
 - 7- fácil
- En mi país de origen, encontrar empresas de productos de limpieza y aseo a granel es
- 1- imposible
 - 7- fácil

Sección 6: Intención (Valore del 1 al 7)

Rellenar las botellas de productos de limpieza y aseo para colaborar más con el medio ambiente

- 1- no me interesaría en absoluto
 - 7- me interesaría bastante
- Seleccione cuántas veces rellenaría las botellas de productos de limpieza y aseo al mes
- 1- Una vez o ninguna
 - 7- Siete veces o más
- Pagar por un servicio a domicilio para el relleno de botellas de productos de limpieza y aseo con un simple botón
- 1- no me interesaría en absoluto
 - 7- me interesaría bastante
- Seleccione cuántas botellas de productos de limpieza y aseo rellenaría al mes
- 1- Una vez o ninguna
 - 7- Siete botellas o más

Sección 7: Obligación moral (Valore del 1 al 7)

Reciclar para cuidar del medio ambiente está dentro de mis principios

- 1- Totalmente en desacuerdo
 - 7- Totalmente de acuerdo
- Es mi deber moral reciclar siempre que sea posible
- 1- Totalmente en desacuerdo
 - 7- Totalmente de acuerdo
- Si no reciclo me sentiré culpable por no colaborar con el medio ambiente
- 1- Totalmente en desacuerdo
 - 7- Totalmente de acuerdo
- Reciclar me hace sentir que soy una mejor persona
- 1- Totalmente en desacuerdo
 - 7- Totalmente de acuerdo

Sección 8: Preocupación medioambiental (Valore del 1 al 7)

Reutilizo bolsas de plástico para compras futuras y/u otros fines

- 1- Nunca
- 7- Siempre

Tomo duchas cortas para limitar el uso de agua

- 1- Nunca
- 7- Siempre

Uso la lavadora solo cuando tiene carga completa

- 1- Nunca
- 7- Siempre

Cuando viajo distancias cortas (aprox. 1–2 kilómetros) camino en lugar de conducir o viajar en autobús

- 1- Nunca
- 7- Siempre

Cuando estoy adentro, y si entra suficiente luz solar a través de las ventanas, uso la luz solar en lugar de luz artificial

- 1- Nunca
- 7- Siempre

8 Referencias

- [AJZ02] Ajzen, I. (2002). Constructing a TPB questionnaire: *Conceptual and methodological considerations*
- [AJZ06] Ajzen, I. (2006). Constructing a theory of planned behavior questionnaire.
- [AJZ91] Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational behavior and human decision processes*, 50(2), 179-211.
- [ALB91] Albert, B. (1991). Social cognitive theory of self-regulation. *Organizational behavior and human decision processes*, 50, 248-287.
- [ALI] AliExpress. <https://www.aliexpress.com/>
- [AMA] Amazon. <https://www.amazon.es/>
- [ARD1] Arduino. <https://www.arduino.cc/>
- [ARD2] Arduino. <https://www.arduino.cc/en/software>
- [BAL14] Balboa, C. H., & Somonte, M. D. (2014). Economía circular como marco para el ecodiseño: el modelo ECO-3. *Informador técnico*, 78(1), 82-90.
- [BAL19] Balaji, S., Nathani, K., & Santhakumar, R. (2019). IoT technology, applications and challenges: a contemporary survey. *Wireless personal communications*, 108, 363-388.
- [BAND77] Bandura, A., Adams, N. E., & Beyer, J. (1977). Cognitive processes mediating behavioral change. *Journal of personality and social psychology*, 35(3), 125.
- [BAND80] Bandura, A., Adams, N. E., Hardy, A. B., & Howells, G. N. (1980). Tests of the generality of self-efficacy theory. *Cognitive therapy and research*, 4, 39-66.
- [BAND82] Bandura, A. (1982). Self-efficacy mechanism in human agency. *American psychologist*, 37(2), 122.
- [BECK91] Beck, L. y Ajzen, I. (1991). Predecir acciones deshonestas utilizando la teoría del comportamiento planificado. *Revista de investigación en personalidad*, 25(3), 285-301.
- [BOR18] Borofsky, M. S., Dauw, C. A., York, N., Terry, C., & Lingeman, J. E. (2018). Accuracy of daily fluid intake measurements using a “smart” water bottle. *Urolithiasis*, 46, 343-348.
- [BÓS21] Bósquez, N. G. C., & Salinas, B. V. S. (2021). El consumo verde: un aporte teórico desde la teoría del comportamiento planificado. *Visión Empresarial*, (11), 97-114.
- [CAS06] Casey, P. J., & Scott, K. (2006). Environmental concern and behaviour in an Australian sample within an ecocentric–anthropocentric framework. *Australian Journal of Psychology*, 58(2), 57-67.
- [CER16] Cerdá, E., & Khalilova, A. (2016). Economía circular. *Economía industrial*, 401(3), 11-20.

- [CHA13] Chan, L., & Bishop, B. (2013). A moral basis for recycling: Extending the theory of planned behaviour. *Journal of Environmental Psychology*, 36, 96–102.
- [CHE16] Chen, M. F. (2016). Extending the theory of planned behavior model to explain people's energy savings and carbon reduction behavioral intentions to mitigate climate change in Taiwan—moral obligation matters. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1746-1753.
- [DHE18] Dhewi, T. S., Putra, I. W. J. A., & Wahyudi, H. D. (2018). The influence of green perceived value and green perceived risk perceptions on the green product purchase intention. *KnE Social Sciences*, 411-425.
- [ELM10] El Mundo 2010.
https://www.elmundo.es/especiales/2010/06/ciencia/jacques_cousteau/filosofia.html
- [ESC16] Escobedo Portillo, M. T., Hernández Gómez, J. A., Estebané Ortega, V., & Martínez Moreno, G. (2016). Modelos de ecuaciones estructurales: Características, fases, construcción, aplicación y resultados. *Ciencia & trabajo*, 18(55), 16-22.
- [ESP] ESP32 I/O. <https://esp32io.com/tutorials/esp32-button>
- [ESP11] Espejo Tort, B., Cortés Tomás, M. T., Giménez Costa, J. A., Luque, L. E., & Ángel Gómez, R. (2011). Elaboración de un cuestionario basado en la Teoría de la Conducta Planificada de Ajzen para evaluar el consumo de alcohol en atracción en adolescentes.
- [EUR] European Union. https://next-generation-eu.europa.eu/index_en
- [EVA11] Evans, D. (2011). Internet de las cosas. Cómo la próxima evolución de Internet lo cambia todo. Cisco Internet Business Solutions Group-IBSG, 11(1), 4-11.
- [FAR15] Farooq, M. U., Waseem, M., Mazhar, S., Khairi, A., & Kamal, T. (2015). A review on internet of things (IoT). *International journal of computer applications*, 113(1), 1-7.
- [FRA15] François, P. (2015). Laudato si'. *Lettre encyclique sur la sauvegarde de la maison commune*.
- [GOB] Gobierno de Canarias. Actuaciones Cambio Climático-Lucha contra el plástico (gobiernodecanarias.org)
- [GOK18] Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*, 5(1), 41-44.
- [GON98] González, A., & Amérigo, M. (1998). La preocupación ambiental como función de valores y creencias. *Revista de Psicología Social*, 13(3), 453-461.
- [GOO] Google Trends. <https://trends.google.es/trends>
- [HAI14] Hair Jr, J. F., Sarstedt, M., Hopkins, L., y Kuppelwieser, V. G. (2014). Partial least

squares structural equation modeling (PLS-SEM): An emerging tool in business research. *European business review*.

- [JAN11] Jansson, J. (2011). Adopción de la ecoinnovación del consumidor: evaluación de los factores actitudinales y las características percibidas del producto. *Estrategia empresarial y medio ambiente*, 20(3), 192-210.
- [JOR18] Jordan Teicher (2018). IBM Blog. <https://www.ibm.com/blog/little-known-story-first-iot-device/>
- [KAB] KAB24.de. <https://www.kab24.de/shop/images/products/main/S203286.jpg>
- [KRI20] Krishnamurthi, R., Kumar, A., Gopinathan, D., Nayyar, A. y Qureshi, B. (2020). Una visión general de las técnicas de procesamiento, fusión y análisis de datos de sensores de IoT. *Sensores*, 20(21), 6076.
- [LEA] Leantec. <https://leantec.es/tienda/50x-resistencias-200-ohm-1-1-4w-025w-carbon-film-pelicula-electronica-arduino/>
- [LIK32] Likert, R. (1932). A technique for the measurement of attitudes. *Archives of psychology*.
- [LÓP06] López-Bonilla, L. M., & Bonilla, J. M. L. (2006). Estudio comparado de las estimaciones de dos versiones del modelo de aceptación de la tecnología (TAM) mediante los programas AMOS y PLS. *Investigaciones europeas de dirección y economía de la empresa*, 12(3), 95-110.
- [LÓP20] López, I. G. (2020). *Desarrollo sostenible*. Editorial Elearning, SL
- [M&V22] M&V TECHNOLOGY EC (2022). <https://m.youtube.com/watch?v=vpo4benHVX4>
- [MAD15] Madakam, S., Lake, V., Lake, V., & Lake, V. (2015). Internet of Things (IoT): A literature review. *Journal of Computer and Communications*, 3(05), 164.
- [MAY06] Mayor Zaragoza, F., Ortega Carrillo, J. A., & Carrascosa Salas, M. J. (2006). La enseñanza de las religiones y su posible contribución al desarrollo de la paz. *Bordón: revista de pedagogía*.
- [MÓN21] Mónica Mena Roa, 4 jun 2021. <https://es.statista.com/grafico/25010/paises-con-la-mayor-cantidad-de-residuos-plasticos-de-un-solo-uso-generados/>
- [MOR15] Morales, K. F., Casarín, A. V., & Salas, L. M. (2015). Apropiación tecnológica: Una visión desde los modelos y las teorías que la explican. *Perspectiva Educativa, Formación de Profesores*, 54(2), 109-125.
- [MUL21] Muller Perez, J., Amezcua Nunez, J., & Muller Perez, S. (2021). Intención de compra de productos verdes de acuerdo con la Teoría del Comportamiento Planeado: Incorporación de la obligación moral al modelo (Intention to Purchase Green Products According to the Theory of Planned Behaviour: Incorporation of the Moral

- Obligation to the Model). *RAN-Revista Academia & Negocios*, 7(1).
- [NAC] Naciones Unidas. <https://www.un.org/es/observances/environment-day>
- [NAT23] National Geographic España. (2023). https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo_15282
- [NUB16] Nubia-Arias, B. (2016). El consumo responsable: Educar para la sostenibilidad ambiental. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 4(1), 29-34.
- [ORD21] Ordoñez Abril, D. Y., Calderón Sotero, J. H., & Padilla Delgado, L. M. (2021). Revisión de literatura de la teoría del comportamiento planificado en la decisión de compra de productos orgánicos. *Revista Nacional de Administración*, 12(1).
- [PUE14] Puelles Gallo, M., Llorens Marín, M., & Talledo Flores, H. (2014). El factor de la percepción de control como determinante en la intención de compra de productos ecológicos. *Innovar*, 24(54), 139-152.
- [RAB] RABTRON. https://www.rabtron.co.za/1306-large_default/b1720b-tactile-switch-h50mm.jpg
- [REG17] Regalado Pezúa, O., Guerrero Medina, C. A., & Montalvo Corzo, R. F. (2017). Una aplicación de la teoría del comportamiento planificado al segmento masculino latinoamericano de productos de cuidado personal. *Revista EAN*, (83), 141-163.
- [REP] Replenish. <http://replenishbottling.com>
- [ROL] Roland Pelayo. <https://www.teachmicro.com/nodemcu-pinout/>
- [STA16] Stahel, W. R. (2016). The circular economy. *Nature*, 531(7595), 435-438.
- [THO94] Thompson, S. C. G. y Barton, M. A. (1994). Actitudes ecocéntricas y antropocéntricas hacia el medio ambiente. *Revista de psicología ambiental*, 14(2), 149-157.
- [VAN12] Van Kranenburg, R., & Bassi, A. (2012). IoT challenges. *Communications in Mobile Computing*, 1(1), 9.
- [ZHU10] Zhu, Q., Wang, R., Chen, Q., Liu, Y., & Qin, W. (2010, December). lot gateway: Bridging wireless sensor networks into internet of things. In *2010 IEEE/IFIP International Conference on Embedded and Ubiquitous Computing* (pp. 347-352). Ieee.