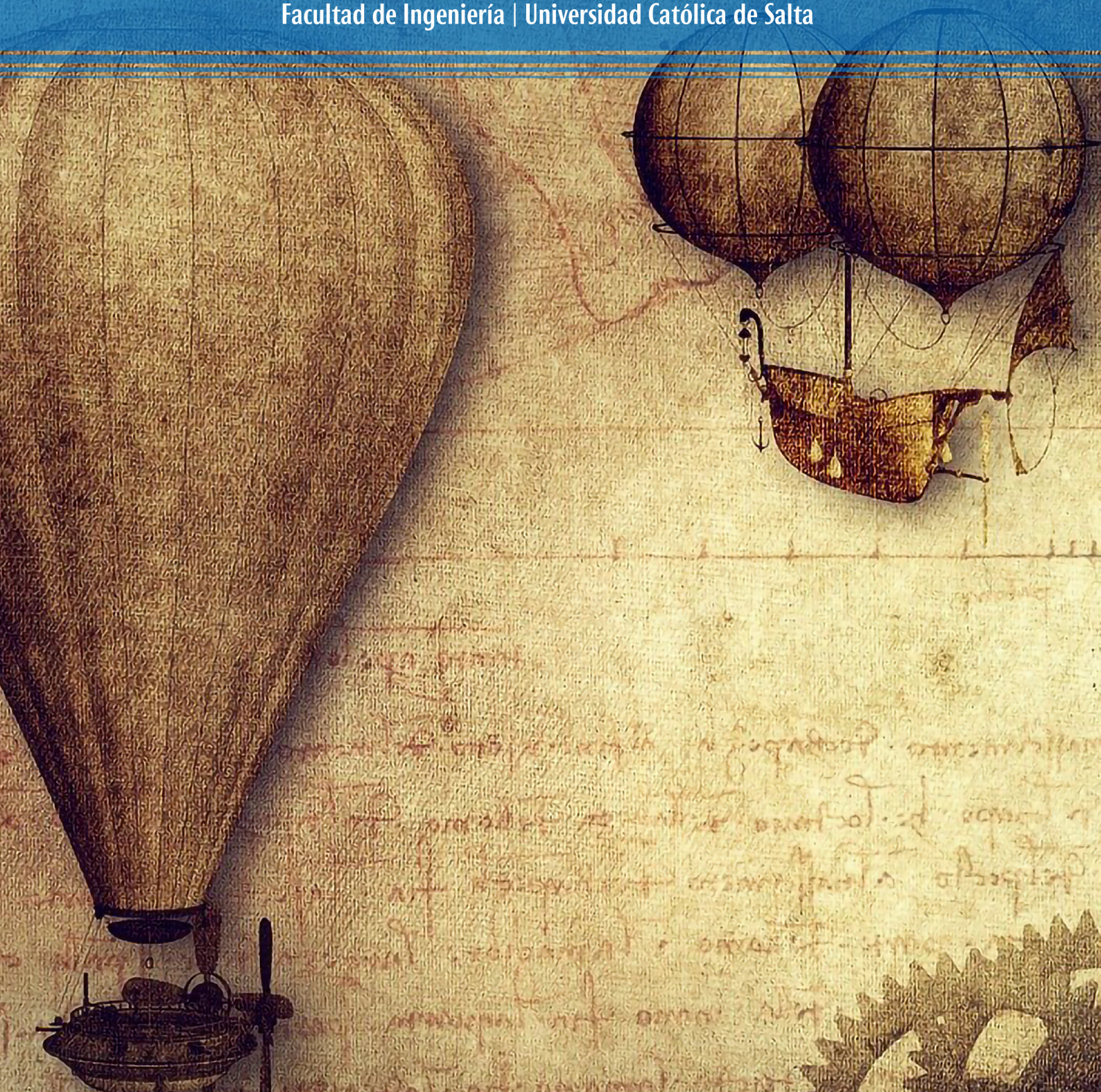


REVISTA

Número 2, 2024

ConCiencia Joven

Facultad de Ingeniería | Universidad Católica de Salta



INGENIERÍA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

REVISTA
ConCiencia Joven

Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de Salta
Salta - Argentina

Número 2, 2024



INGENIERÍA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA

Comité Editorial

DIRECTORA

Dra. Ing. Beatriz Parra de Gallo

Directora Instituto de Estudios Interdisciplinarios
de Ingeniería (IESIING), Universidad Católica de Salta

MIEMBROS

Mg. Ing. Néstor Eugenio Lesser

Decano de la Facultad de Ingeniería
Universidad Católica de Salta

Mg. Ing. Guillermina Nieves

Secretaria Académica
Facultad de Ingeniería

Esp. Ing. Manuel Luis Zambrano Echenique

Jefe de la Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Católica de Salta

Ing. Fernando Javier Albarracín

Jefe de la Carrera de Ingeniería Civil
Universidad Católica de Salta

Ing. Roberto Daniel Breslin

Jefe de la Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones
Universidad Católica de Salta

Mg. Lic. Lorena Talamé

Jefe de la Carrera de Ingeniería en Informática
Universidad Católica de Salta

Lic. Néstor Alberto Valdiviezo

Jefe de la Carrera Licenciatura en Higiene y Seguridad en el Trabajo
Universidad Católica de Salta

Dra. Ing. Lía Orosco Segura

Coordinadora de Investigación
Facultad de Ingeniería - Universidad Católica de Salta

Esp. Ing. Juan Francisco Linares

Jefe del Departamento de Extensión, Graduados y Bienestar
Facultad de Ingeniería - Universidad Católica de Salta

Corrección y edición

TPN Lucía Guillén

Contenidos

| | |
|---|----|
| EDITORIAL | 5 |
| ARTÍCULOS | 7 |
| Diseño e implementación de un sistema de procesamiento digital de señales | 8 |
| <i>Nicole Agustina Castro Mendoza</i> | |
| Análisis del comportamiento estructural de la presa de escollera del dique Campo Alegre, aplicando métodos numéricos | 13 |
| <i>Ignacio Lopez Barutti y Paula A. Juarez</i> | |
| Internet de las cosas para el control y el monitoreo del consumo de energía eléctrica | 22 |
| <i>Marcos Emilio Chauque</i> | |
| Sistema de coordinación de semáforos inteligentes con algoritmos de inteligencia artificial | 32 |
| <i>Santiago San Miguel</i> | |
| Síntesis de texto usando modelos del lenguaje | 39 |
| <i>Alejo Torres</i> | |
| Asistente de concentración impulsado por Inteligencia Artificial para estudiantes universitarios | 51 |
| <i>Gonzalo Guaimas</i> | |
| Sobre la Revista | 58 |

EDITORIAL

Es un honor presentar esta edición de nuestra revista, que reúne una selección destacada de los trabajos finales de nuestros estudiantes de ingeniería. Cada uno de estos proyectos es el resultado de un intenso proceso de investigación, creatividad y aplicación práctica de los conocimientos adquiridos durante su formación académica. Esta es una oportunidad invaluable para cultivar la curiosidad, el pensamiento crítico y la capacidad de resolución de problemas.

En la formación en ingeniería, es esencial que los estudiantes desarrollen competencias que les permitan enfrentar desafíos reales. A través de estos proyectos, han tenido la oportunidad de experimentar con nuevas tecnologías y aplicar metodologías de investigación fundamentales en el ámbito profesional.

En un entorno tecnológico en constante evolución, la ingeniería desempeña un papel clave en la creación de soluciones innovadoras para los retos contemporáneos. Los trabajos presentados aquí abarcan diversas áreas, reflejando la amplitud de intereses de nuestros estudiantes. Nuestra facultad fomenta un ambiente en el que el aprendizaje y la curiosidad se entrelazan, beneficiando no solo a los alumnos, sino también sentando las bases para una sociedad más informada y resiliente. Alentar a nuestros estudiantes a explorar, cuestionar y descubrir es una inversión en un futuro donde el conocimiento se convierte en motor de transformación y progreso social.

Agradezco a todos los estudiantes por su dedicación y a los mentores y docentes que han guiado estos proyectos. Su apoyo ha sido crucial para convertir ideas en realidades concretas. Espero que esta recopilación no solo celebre sus logros, sino que también inspire a otros a seguir explorando y desafiando los límites del conocimiento.

Invito a nuestros lectores a sumergirse en las páginas de esta edición y a apreciar la dedicación y la innovación que caracterizan a nuestros estudiantes de ingeniería. Juntos, seguiremos impulsando el avance de la ciencia y la tecnología hacia un futuro mejor.

Mg. Ing. Guillermina Nieves
Secretaria Académica
Facultad de Ingeniería
UCASAL

ARTÍCULOS

Diseño e implementación de un sistema de procesamiento digital de señales

Design and implementation of a digital signal processing system

Nicole Agustina Castro Mendoza

nicastro4530@gmail.com

Ingeniería en Telecomunicaciones, Facultad de Ingeniería - Universidad Católica de Salta –

Resumen

Este trabajo describe el desarrollo integral de un sistema de visualización de señales analógicas, tanto en el dominio temporal como en el espectro de frecuencias, basado en procesamiento digital. El proyecto aborda desde cero el diseño y la implementación de un instrumento operativo completo, tanto en hardware como en software, guiado por los principios de la teoría del procesamiento digital de señales (DSP, por su sigla en inglés). El sistema consta de un amplificador, un conversor analógico-digital (ADC, por su sigla en inglés) y un procesador digital que, mediante la aplicación de la Transformada Rápida de Fourier (FFT, por su sigla en inglés), permite la conversión y análisis de señales en tiempo real, lo que facilita su estudio en las aplicaciones de telecomunicaciones.

El desarrollo del hardware se centró en crear un circuito de acondicionamiento que optimiza la captación de señales analógicas para su digitalización eficiente. El diseño del software, por su parte, incluye la implementación de algoritmos DSP, en particular la FFT, que permiten convertir las señales temporales en espectros de frecuencia, al ofrecer una herramienta clave para el análisis detallado y preciso de las características frecuenciales. Todo el sistema se diseñó desde sus bases teóricas, al partir de los conceptos de muestreo, filtrado y digitalización de señales analógicas.

Palabras clave: procesamiento de señales, conversión digital, FPGA, comunicaciones, instrumentación

Abstract

This work describes the complete development of a system for visualizing analog signals, both in the time domain and frequency spectrum, based on digital signal processing (DSP). The project involves designing and implementing a fully operational instrument from scratch, covering both hardware and software, guided by the principles of DSP theory. The system consists of an amplifier, an analog-to-digital converter (ADC), and a digital processor that, through the application of the Fast Fourier Transform (FFT), enables real-time signal conversion and analysis, facilitating its study in telecommunications applications.

The hardware development focused on creating a conditioning circuit that optimizes the acquisition of analog signals for efficient digitization. The software design includes the implementation of DSP algorithms, particularly FFT, allowing the conversion of temporal signals into frequency spectra, providing a key tool for detailed and precise analysis of frequency characteristics. The entire system was designed from its theoretical foundations, starting from the concepts of sampling, filtering, and digitization of analog signals.

Key words: signal processing, digital conversion, FPGA, communications, instrumentation

Introducción

La creciente necesidad de acondicionar señales analógicas y convertirlas a formato digital surge como respuesta a la integración de sistemas más avanzados en entornos técnicos. Este trabajo presenta el desarrollo de un sistema de procesamiento digital de señales, que combina tanto *hardware* como *software* para el manejo eficiente de información analógica en aplicaciones técnicas específicas. La relevancia del proyecto radica en la posibilidad de su implementación en diversos campos, como las telecomunicaciones y la instrumentación, donde la manipulación precisa de señales es esencial.

1. Teoría del submuestreo

El submuestreo, también conocido como muestreo de banda pasante o muestreo subsistémico, es una técnica empleada con el objetivo de reducir el número de muestras requeridas al procesar señales de alta frecuencia. A través del submuestreo, se pueden obtener representaciones precisas de las señales con una frecuencia de muestreo menor que la frecuencia de Nyquist, siempre y cuando las señales estén limitadas en banda y se respeten ciertas condiciones teóricas.

Una aplicación común del submuestreo es en sistemas de procesamiento de señales para comunicaciones y radares, donde las señales de alta frecuencia se desplazan a frecuencias más bajas, al aprovechar la simetría espectral. En la Figura 1, se muestra el espectro de una señal pasa banda y su replicación en el dominio de frecuencia.

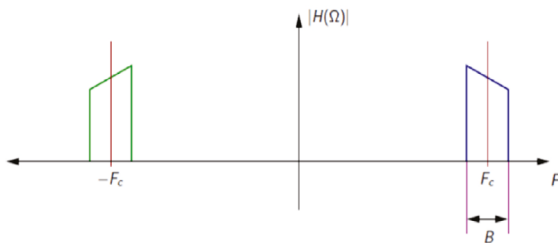


Figura 1: Espectro de una señal pasa banda convencional [1].

Cuando se incrementa la frecuencia de muestreo F_s , las copias espectrales empiezan a separarse, lo que puede resultar en superposición y, por lo tanto, *aliasing* en la señal muestreada. Como se observa en la Figura 2, las replicas espectrales están en su límite izquierdo, es decir, F_s en su límite superior.

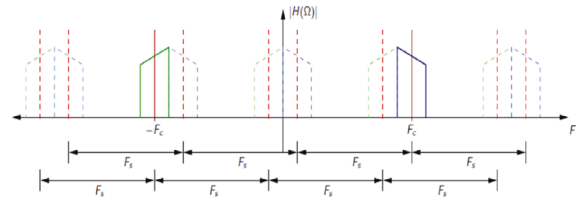


Figura 2: Replicas espectrales de la señal pasa banda [1].

Por otro lado, si se disminuye F_s , las copias espectrales se aproximarán unas a otras, como se muestra en la Figura 3.

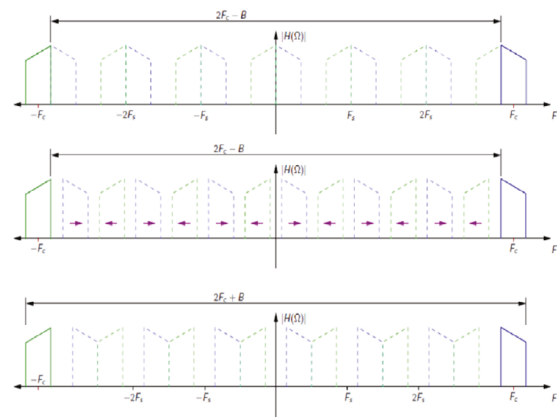


Figura 3: Replicas espectrales de la señal pasa banda con F_s en disminución [1].

F_s puede reducirse hasta el punto en que, en el rango ampliado que abarca a ambas bandas originales ($2F_c + B$), quepan $m + 1$ copias espectrales dispuestas de manera uniforme. Esto se expresa como: $(m + 1) * F_s = 2F_c + B$, lo que se simplifica a: $F_s = (2F_c + B) / (m + 1)$.

Si F_s disminuye aún más, nuevamente se producirá superposición entre las bandas espectrales. Como se observa en el último espectro de la Figura 3, las replicas espectrales se encuentran en su límite derecho, es decir, F_s está en su límite inferior.

A fin de resumir lo anterior, debemos cumplir con el siguiente rango para la frecuencia de muestreo F_s :

$$2F_c - Bm \geq F_s \geq \frac{2F_c + B}{m + 1}$$

$$F_s \geq \frac{2F_c + B}{m + 1} \leq F_s$$

En esta desigualdad, m es un número natural que también debe asegurarse de que F_s sea mayor que $2B$ con el propósito de evitar *aliasing* [1].

2. Diseño del sistema

El diseño de este sistema de procesamiento digital de señales consta de dos partes principales: el *hardware* y el *software*.

En la Figura 4 se observa el *front-end* receptor de la señal que principalmente involucra la parte del *hardware*. En el *hardware* se incluyen los siguientes componentes:

- » amplificador de bajo ruido (LNA, por su sigla en inglés);
- » convertidor ADC (transformación de señales analógicas a digitales);
- » FPGA (procesamiento en tiempo real);
- » pantalla táctil LCD (interfaz de usuario).

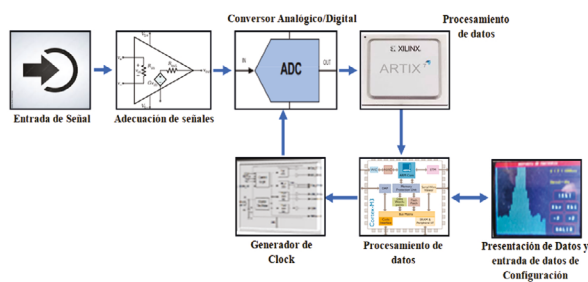


Figura 4: Diagrama de bloques del prototipo

En cuanto al *software*, se desarrollaron los siguientes módulos específicos:

- » osciloscopio digital;
- » analizador de espectro.

Estos componentes permiten la visualización en tiempo real de las señales procesadas.

En la Figura 5 se observa un esquema de bloques de los componentes combinados del *software*.

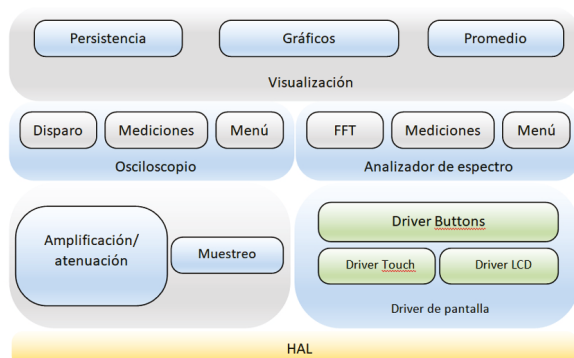


Figura 5: Representación en capas del sistema.

2.1. Hardware: amplificador de bajo ruido (LNA)

Los LNA son componentes esenciales en los sistemas de comunicación modernos. Son fundamentales a fin de mejorar el rendimiento de dispositivos tales como receptores de satélite, teléfonos móviles y sistemas de radar.

Los objetivos de un LNA son:

- » preamplificación de la señal de radiofrecuencia (RF) (entrada de baja amplitud);
- » maximización de ganancia de señal;
- » minimización de adición de ruido.

Es un elemento esencial para asegurar que la señal débil se amplifique a un nivel adecuado para su correcto procesamiento. La característica clave de un LNA es su baja figura de ruido, lo que garantiza que la amplificación no introduzca un exceso de ruido en la señal, al preservar la calidad de la información.

Los componentes del LNA se presentan en el diagrama esquemático de la Figura 6.

El componente fundamental es el amplificador operacional, un dispositivo de banda ancha con una característica de distorsión extremadamente baja. Funciona como el elemento activo que amplifica la señal de entrada en su configuración no inversora, donde la retroalimentación se aplica al terminal negativo. Se polariza con una tensión positiva de +5V y una tensión negativa de -5V.

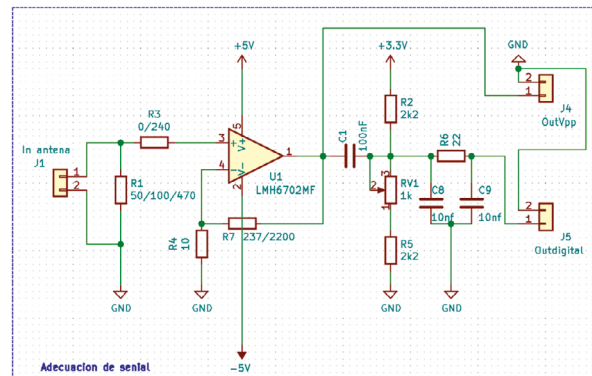


Figura 6: Diagrama esquemático del circuito de adecuación de la señal

2.2. Software: módulos de funciones

El procesamiento digital de señales se basa en la teoría de muestreo, que convierte señales analógicas en datos discretos que pueden ser manipulados en el dominio digital. Esta técnica es crucial para aplicaciones como las comunicaciones, donde las señales deben ser acondicionadas para su transmisión y recepción sin pérdida de información.

Se implementaron algoritmos de procesamiento de señales en un FPGA que permiten realizar tareas complejas tales como las de filtración y modulación en tiempo real.

El *software* del prototipo se compone de los siguientes bloques de códigos:

- » módulo para la detección de la señal RF recibida;
- » módulo de representación de la señal RF recibida en el dominio del tiempo;
- » módulo de representación de la señal RF recibida en el dominio de la frecuencia;
- » módulo de filtrado digital de la señal recibida;
- » módulo de menú principal para la interacción con el usuario;
- » módulos de funciones varias para cálculos auxiliares al procesamiento;
- » otras funciones sencillas distribuidas entre módulos para la interacción con el usuario.

La estructura del *software* completo del prototipo se indica en la Figura 7.

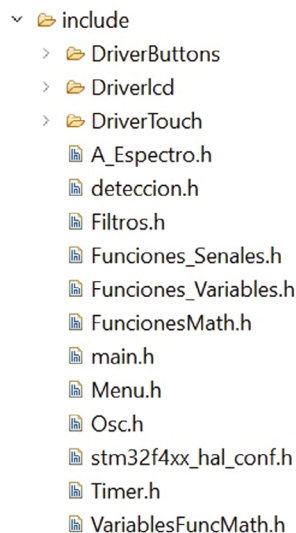


Figura 7: Software completo del prototipo.

Con el objetivo de detectar la señal RF recibida, se desarrolló el módulo detect(). Este módulo integra el código de las siguientes funciones:

- » detect()
 - displaymenudeteccion()
 - procesamiento()
 - calIFFTdeteccion()
 - senalesIQ()

La función “detect()” inicia el proceso de detección, comienza con la inicialización de un ADC mediante el comando HAL_DAC_Start(). Luego,

invoca la función llamada “displaymenudeteccion()” que muestra un menú relacionado con la detección. Posteriormente, se lleva a cabo un conjunto extenso de cálculos y operaciones relacionados con la frecuencia, muestreo, cálculos de coeficientes para algún tipo de filtro, y cálculos basados en la Transformada Rápida de Fourier (FFT), seguido por la limpieza de pantalla y la restauración del menú de detección.

Con el propósito de representar la señal en cuadratura, se utiliza la función “calIFFTdeteccion()”. Este código es una función que ejecuta un proceso de detección en tiempo real. Comienza configurando la pantalla de detección y estableciendo la ganancia de la entrada. Luego, realiza una serie de operaciones. Inicializa y filtra muestras, calcula señales IQ llamando a la función “SenalesIQ(int Nfs, int Nfir_aux)” y representa de forma gráfica la señal en tiempo real en la pantalla. Para ello se utilizan las siguientes estructuras de datos:

- » I[n], que almacena el valor en fase de la señal muestreada;
- » Q[n], que almacena el valor en cuadratura de la señal en muestreada;
- » Xam[n], que almacena el valor del módulo de la señal muestreada descompuesta en IQ.
- » En la Figura 8 se observa que los vectores I[n] y Q[n] recibirán el valor de la señal en función del seno y coseno. Justo después, el módulo al cuadrado de la señal se almacena en el vector Xam[n].

```
//*****
void SenalesIQ(int Nfs, int Nfir_aux){
    k=0;
    n=0;
    w= 360;
    facdiv=1000;
    while(n < Nfs+1){
        valor= ((w*n)/ 4);
        angulo = valor - ((valor/360)*360);
        cosenoa = tabcoseno[angulo];
        senoa = tabseno[angulo];
        I[n]= (cosenoa*xnf[n])/facdiv;
        Q[n]= -(senoa*xnf[n])/facdiv;
        n=n+1;
        Xam[n]= (I[n]*I[n])+(Q[n]*Q[n]);
        Xam[n]= (Xam[n])>>2;
    }
}
```

Figura 8: Fragmento de código de la función SenalesIQ (int Nfs, int Nfir_aux).

Asimismo, convierte las muestras a fin de presentarlas como valores de voltaje en lugar de valores de 12 bits, a fin de lograr la visualización de la señal en una escala de voltaje adecuada. Finalmente, calcula y representa la FFT, al actualizar la pantalla de manera continua en tiempo

real y al mostrar botones para la interacción con el usuario.

3. Conclusión

El desarrollo completo del sistema de visualización y análisis de señales desde cero demuestra la posibilidad de construir un instrumento funcional y operativo a partir de los fundamentos de la teoría del procesamiento digital de señales. Este proyecto no solo se limita a integrar componentes comerciales, sino que abarca todas las fases, desde la teoría hasta la implementación física, lo que ha permitido crear una herramienta capaz de captar, procesar y analizar señales analógicas de forma eficiente.

El enfoque en el desarrollo desde los principios de DSP asegura que el sistema cumpla con los requisitos específicos de telecomunicaciones, como la identificación de frecuencias críticas, la detección de interferencias y la optimización del uso del espectro. El resultado es un instrumento que no solo contribuye al monitoreo y al análisis en tiempo real, sino que también puede adaptarse y escalarse para diferentes aplicaciones industriales y educativas, lo que resalta su versatilidad y capacidad para servir como base para futuros desarrollos en instrumentación especializada.

Referencias

- [1] G. Hill, *Signals and Systems*, Boston, MA, USA: Addison-Wesley, 1994.

Análisis del comportamiento estructural de la presa de escollera del dique Campo Alegre, aplicando métodos numéricos

Analysis of the structural behaviour of the Campo Alegre rockfill dam, applying numerical methods

Ignacio Lopez Barutti

ignaciolopezbarutti@gmail.com

Paula A. Juarez

paulajuarez167@gmail.com

Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería, UCASAL

Resumen

La obra que se presenta es una presa de escollera, que se encuentra ubicada al norte del valle de Lerma a unos 5 km de la localidad de La Caldera. Es un elemento que forma parte de un conjunto de obras que conforman el dique Campo Alegre. Cumplen la función de captación, conducción y el embalse de aguas superficiales del río La Caldera.

La estructura mencionada posee dos problemas principales que afectan las condiciones de servicio por distintas causas posibles:

1. infiltraciones y filtraciones por juntas de pantallas impermeables;
2. asentamientos y desplazamientos horizontales en el cuerpo de la presa.

Se busca estimar la seguridad estructural mediante un análisis no lineal por etapas:

1. análisis no lineal con peso propio;
2. análisis no lineal con peso propio y presión hidrostática;
3. análisis sísmico mediante tiempo-historia.

De esa manera, se obtuvo un campo de tensiones y deformaciones para evaluar la plastificación y desplazamientos finales en la coronación.

Se obtuvieron los parámetros mecánicos y geométricos mediante mediciones realizadas en el lugar, ensayos de laboratorio, datos de la bibliografía disponible y el análisis de los planos originales de la presa. Se destaca, entre los ensayos, la utilización de métodos de prospección geofísica, MAM (Método de Análisis de Microtremores) y MASW (Método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales) para lograr estimar el módulo de elasticidad de los materiales que conforman la escollera y la fundación.

Se realizó un modelado 2D del corte transversal de la presa y mediante un análisis tiempo-historia, se concluyó que no hay colapso de la estructura, pero que sí se obtienen grandes deformaciones.

Palabras clave

Presa, análisis no lineal, escollera, prospección geofísica

Abstract

This project is a rockfill dam located north of the Lerma Valley, about 5 km from the town of La Caldera. It is part of a group of structures that make up the Campo Alegre reservoir, which serves to collect, transport and impound surface water from La Caldera River.

The aforementioned structure has two main problems that affect the service conditions due to different possible causes:

1. Infiltrations and filtrations by joints of waterproof shields
2. Settlements and horizontal displacements in the center of the dam.

The aim is to estimate the structural safety by means of a nonlinear analysis by stages:

1. Nonlinear analysis with self-weight
2. Non-linear analysis with self-weight and hydrostatic pressure
3. Time-History Analysis

A tension and deformation field were obtained to evaluate plastic deformation and final displacements at the crown.

The mechanical and geometrical parameters were obtained by means of on-site measurements, laboratory tests, bibliography and the original plans of the dam. The tests included the use of geophysical survey methods, MAM (Microtremor Analysis Method) and MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves method) to estimate the modulus of elasticity of the materials that make up the rockfill and the foundation.

A 2D modeling of the cross-section of the dam was performed by a time-history analysis, and it was concluded that there is no collapse of the structure but large deformations are obtained.

Key words

Dam, nonlinear analysis, rockfill, geophysical survey

Introducción

La presa está situada en la República Argentina, provincia de Salta, al norte del valle de Lerma a unos 5 km de la localidad La Caldera, con una elevación de 1421 m.s.n.m (coordenadas -24.57540, -65.36738). La presa de escollera [1],[2], que data de la década de los 70, fue construida sobre el cauce del río La Angostura con el objetivo de elevar el nivel del agua para así satisfacer una o varias necesidades, tales como el abastecimiento de agua, el riego, la recreación. Es una presa de materiales sueltos, es decir, de escollera arrojada. Se logró embalsar aproximadamente unos 24 hm³ de agua, obteniendo un espejo de 322 ha. Posee una altura desde la fundación hasta la coronación de 40 m, y esta tiene un largo de 110 m de estribo a estribo. Sus pendientes son de 1:1,25 aguas arriba y 1:1,3 aguas abajo. Además, el cuerpo de la presa es aproximadamente de 120.500 m³.

Al resolver un análisis tiempo-historia no lineal en un corte transversal por el eje del cauce natural del río La Angostura, se responderán algunas preguntas para lograr estimar la seguridad estructural: teniendo en cuenta las condiciones actuales de la presa ¿llegará a colapsar por un movimiento sísmico? En caso de que no haya colapso, ¿cuáles serán las deformaciones permanentes? Al situarse en una zona sísmica interesa conocer cuáles serán las deformaciones permanentes y no permanentes, y sobre todo la posibilidad de un colapso, ya que la localidad de La Caldera se sitúa aguas debajo de la presa.

1. Modelado 2D de la presa

La presa, como tal, se representó en una geometría 2D mediante los siguientes elementos estructurales:

1. escollera arrojada
2. roca acomodada
3. pantallas

4. plinto
5. relleno aluvial
6. estrato de roca
7. embalse
8. elementos de interfase.

1.1. Materiales

Los parámetros mecánicos de los materiales se obtuvieron mediante ensayos, y otros se encontraron en la bibliografía. Se han realizado dos tipos de ensayos: un ensayo directo de laboratorio y otros ensayos de campo, aplicando MAM (método de análisis de microtremores) MASW (método de análisis multicanal de ondas superficiales) en la presa.

1.2. Métodos de prospección geofísica

Los métodos de prospección geofísica son un conjunto de técnicas físicas y matemáticas no destructivas de investigación utilizados en la exploración indirecta de los subsuelos. Algunos de estos son de fuente activa como el MASW y otros de fuente pasiva, como el MAM [3],[4],[5],[6].

Los métodos principalmente calculan el modo fundamental de la propagación de las ondas de Rayleigh, dentro del dominio de la frecuencia-velocidad. Esto se lleva a cabo con el fin de estimar un perfil de las velocidades de onda S en función de la profundidad y con ello obtener un modelo 1D de la configuración del suelo. De esta manera, se podrá calcular la variación según la profundidad del módulo de elasticidad de los materiales debido a que la velocidad de onda S depende de E , como se ve en la siguiente fórmula:

$$V_s = \sqrt{\frac{G}{\rho}} = \sqrt{\frac{E}{2(1+\mu)\rho_i}}$$

En donde ρ_i es la densidad del suelo según la profundidad, G es el módulo de elasticidad transversal, y μ es el coeficiente de Poisson.

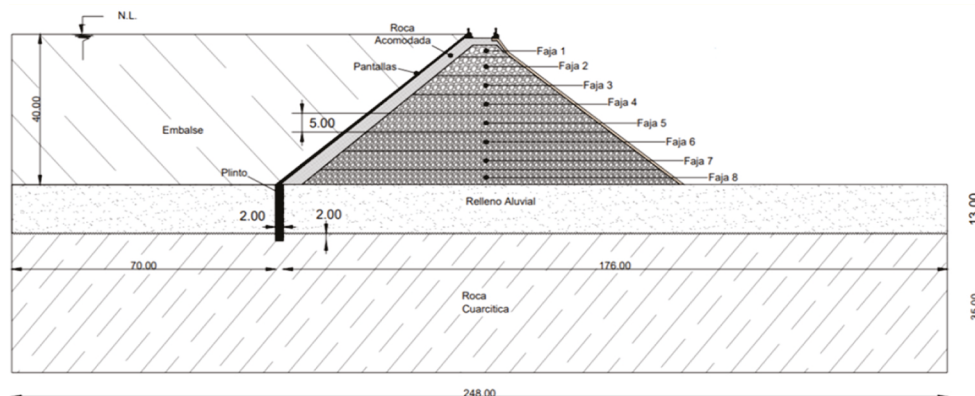


Figura 1: Modelo de la presa a analizar

La velocidad de onda S puede obtenerse al invertir la velocidad de fase de la onda superficial.

En el caso de un medio homogéneo, la onda Rayleigh no es dispersiva y viaja con una velocidad aproximada de 0,9194 Vs. En caso contrario, las ondas Rayleigh se convierten en dispersivas y, por lo tanto, mediante la inversión de los datos de dispersión de las ondas Rayleigh de alta frecuencia se pueden obtener velocidades de onda S.

Los registros se obtienen en el dominio de la frecuencia-velocidad porque es más fácil diferenciar todos los tipos de onda. De ese modo, es posible separar las ondas de superficie en donde se encuentran principalmente las ondas Rayleigh. La forma de registrar las ondas, el cálculo de los perfiles y su representación se realizan por medio de programas específicos.

Se ha logrado obtener resultados de velocidades de corte para el perfil transversal de la presa, importantes para el modelado (Tabla 1).

Se observó en los resultados del MASW que para profundidades mayores a 35 m los valores de Vs tienden a hacerse constantes. Esto es erró-

neo debido a que las velocidades crecen a mayor profundidad.

Por lo tanto, para los datos a partir de los 35 m, que es el límite de alcance aproximado del ensayo MASW que se observó en los resultados, se adoptaron las velocidades Vs obtenidas del ensayo MAM por tener resultados más coherentes en profundidades mayores a 35 m y porque en la bibliografía se especifica que el ensayo MAM tiene mayor alcance a mayores profundidades que el MASW debido a que trabaja con bajas frecuencias. Es por eso que en la columna de la Tabla 1 "Vs ADOPTADO", los valores entre las profundidades de 0 a 31.648 m se tomaron de los valores obtenidos en el ensayo MASW. A partir de esa profundidad hasta los 48,57 m, se tomaron los valores del ensayo MAM para el cálculo final del módulo de elasticidad E.

Se determinó en el laboratorio que el peso específico de la roca cuarcítica es de 25,77 kN/m³, por lo que la densidad estimada del *rockfill*, suponiendo una variación de la relación de vacíos de 0,4 a 0,25, se calcula por la fórmula:

$$\rho_R = \frac{\gamma_R}{g} = \frac{\rho_{RC}}{g(1 + V_v)}$$

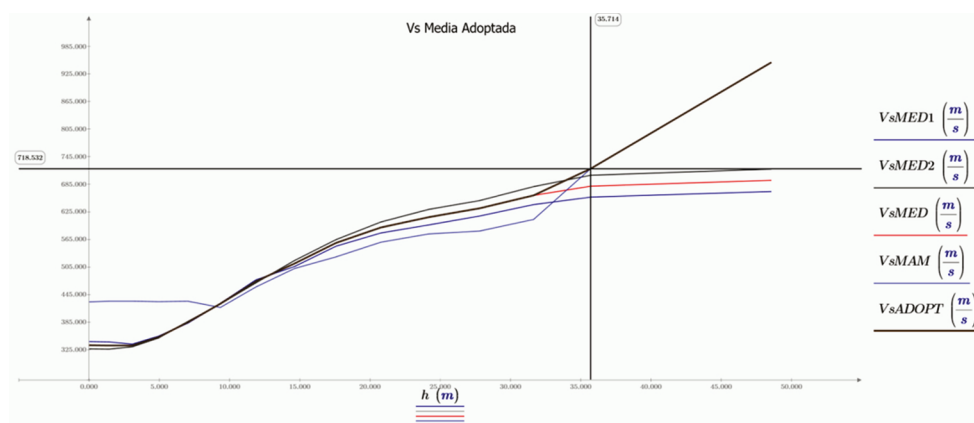


Figura 2: Velocidades de onda Vs

2. Análisis

Se optó por realizar un análisis bidimensional [7], por estado de deformación plana, usando el modelo elastoplástico de Drucker Prager y Mohr Coulomb por fases [8],[9]. Si bien la escollera es un medio discreto, la bibliografía remarca que a gran escala se comporta como un medio continuo. Es por ello que es válido analizar la presa mediante los modelos mencionados, pero al mismo tiempo se encuentra la limitante de que pierde validez luego de producido el colapso de la escollera.

El análisis por fases se aplicó con la intención de que el modelo físico se asemeje más a la realidad, respetando la secuencia con la que varían los campos de tensiones y deformaciones en el

tiempo. Esto implicó un análisis no lineal, es decir, no hay proporcionalidad entre las tensiones y deformaciones. En otras palabras, resulta incorrecto realizar el análisis estructural sobre la presa considerando en una única instancia la totalidad de las cargas que actúan sobre la totalidad de los elementos.

En una primera fase se asignaron los materiales de baja resistencia, el módulo elástico y el ángulo de fricción reducidos, de modo que plastifiquen ante la acción del peso propio y que la geometría deformada del modelo se asemeje a la geometría real de la presa. Luego en las fases siguientes se asignó un material más resistente de módulo elástico y de ángulo de fricción interna

Tabla 1: valores adoptados para E

| | Vs ADOPTADO | POR INTERPOLACION | CALCULO DE MODULO ELASTICO | | | | | |
|---------|-------------|-------------------|----------------------------|------------|-------|--|------------|-----------|
| h [=] m | Vs [=] m/s | | h [=] m | Vs [=] m/s | Vv | ρ [=] Ns ² /m ⁴ | G [=] Mpa | E [=] Mpa |
| 0,000 | 334,807 | | 0 | - | - | - | | |
| 1,429 | 334,154 | | 2,500 | 338,318 | 0,400 | 191,271 | 21,8925979 | 56,921 |
| 3,077 | 334,339 | | 7,500 | 360,575 | 0,381 | 193,867 | 25,2055585 | 65,534 |
| 4,945 | 352,594 | | 12,500 | 430,897 | 0,363 | 196,535 | 36,4910321 | 94,877 |
| 7,033 | 384,800 | | 17,500 | 514,287 | 0,344 | 199,277 | 52,7071696 | 137,039 |
| 9,341 | 425,244 | | 22,500 | 568,709 | 0,325 | 202,097 | 65,3644075 | 169,947 |
| 11,868 | 473,838 | | 27,500 | 588,298 | 0,306 | 204,998 | 70,9488822 | 184,467 |
| 14,615 | 512,676 | | 32,500 | 648,596 | 0,288 | 207,984 | 87,4939771 | 227,484 |
| 17,582 | 557,730 | | 37,500 | 747,472 | 0,269 | 211,057 | 117,920771 | 306,594 |
| 20,769 | 591,262 | | 40,000 | 795,693 | 0,250 | 214,223 | 135,630456 | 352,639 |
| 24,176 | 613,756 | | 45,000 | 885,713 | 0,100 | 243,435 | 190,9722 | 496,528 |
| 27,802 | 633,005 | | - | - | - | - | - | - |
| 31,648 | 660,263 | | - | - | - | - | - | - |
| 35,714 | 718,532 | - | - | - | - | - | - | |
| 48,571 | 950,014 | - | - | - | - | - | - | |

mayores, simulando así el endurecimiento, es decir, el aumento de la resistencia debido al reacomodo de las partículas. Por lo tanto, esto último se trata de la plastificación en el modelo elastoplástico.

Se crearon los distintos materiales de acuerdo al siguiente criterio: con el fin de lograr que la deformación inicial del modelo se asemeje a la deformación medida en la coronación de la presa, se optó por reducir algunos parámetros mecánicos mediante un proceso iterativo, esto es, reducir la resistencia inicial, de modo que ante la carga de peso propio y presión hidrostática, las deformaciones se asemejen. Esto se logró al realizar un análisis por fases.

Los valores de coeficiente de Poisson, la relación de vacíos, la cohesión, ángulo de fricción interno, el ángulo de dilatancia y el coeficiente de presión de tierra en reposo K_0 (relación entre presión vertical sobre horizontal, que depende del ángulo de fricción interna) son valores extraídos de la bibliografía [10].

Los valores de la relación de vacíos se hicieron variar dentro de un rango de 0,4 a 0,2 para simular la variación de porosidad a medida que aumenta la profundidad.

Los valores del módulo elástico y la densidad se extrajeron de los ensayos que se detallarán a continuación, los cuales se descubrió que, como varían con la profundidad, se subdividió la presa en fajas de 5 m que tendrán el mismo valor que E en toda el área, por lo que se interpolan los valores de Vs para profundidades tales que corresponden a puntos medios de cada faja.

Primeramente se analizó la presa con todos sus elementos, sin el embalse, sometida a su peso propio, en donde en una zona intermedia (fajas muy comprimidas), se introdujo un material "Escollera R", el cual es similar a la escollera, pero de resistencia reducida, de modo que se pudo simu-

lar en esta primera etapa el reacomodo de las partículas. Luego en una segunda fase se agregó el embalse, es decir, la presión hidrostática. Con el fin de contemplar el efecto de las redes de flujo en la fundación se redujo la resistencia del relleno aluvial, asignándose un material "Relleno Aluvial R". A la zona de la escollera, cuya resistencia inicial se vio reducida, se le asignó "Escollera A", un material más resistente que en el resto de la escollera, simulando así el endurecimiento del material.

2.1. Condiciones de borde

Al modelo se le asignaron las siguientes condiciones de borde:

Cargas solicitantes

Se comenzó por las cargas solicitantes, las cuales fueron: carga muerta, presión hidrostática, acción sísmica y reacción del suelo (fundación). Se tomaron estas cargas, ya que el análisis dinámico de la presa se realiza en un periodo de tiempo corto, que es el tiempo de duración del sismo. Entonces, se consideraron las cargas cuyos valores son elevados y constantes en ese periodo de tiempo.

Al realizar un análisis tiempo-historia, se debe utilizar un acelerograma que sea representativo de un sismo máximo posible de ocurrir en la zona de emplazamiento de la obra analizada. El acelerograma se obtuvo de la base de datos del PEER (Pacific Earthquake Engineering Research), en donde se seleccionó un acelerograma de un grupo de registros representativos posibles de ocurrir en las distintas zonas sismogénicas de Salta.

Interfaces

El objetivo de los elementos de interfaces es brindar al modelo, un comportamiento estructural que se asemeje a la realidad, representando,

por ejemplo, la no linealidad que se da en la interacción de dos elementos. Es por esto que utilizamos la interfaz de interacción fundación-presa, la interacción fluido-estructura, la interfaz en juntas, y las interfaces de borde, las cuales fueron ondas superficiales, la radiación *sommerfeld* y la absorción inferior del fondo del embalse.

Mallado

Se optimizó el mallado en lugares donde se necesitaba mayor precisión, tales como los elementos pequeños (por ejemplo, el plinto). Mientras que en los lugares que no se requería de mucha precisión, se optimizó el mallado, utilizando elementos más grandes.

2.2. Relevamiento topográfico

Consistió en hacer un levantamiento de puntos en la coronación por el eje de la presa. Se utilizaron estacas que ya se encontraban en el lugar y que estaban distanciadas cada 5 m.

Los resultados consisten en medidas horizontales y verticales relativas al punto P1 donde se estacionó el instrumento.

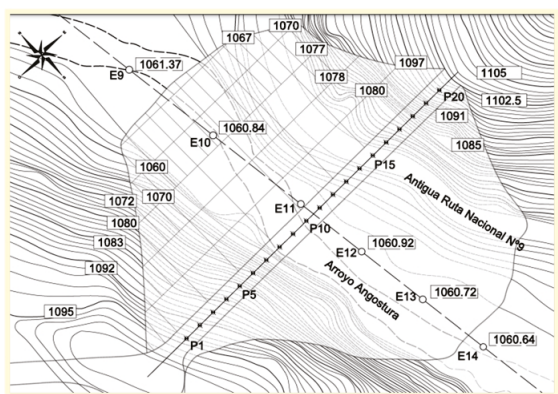


Figura 3: Vista en planta de la presa, y curvas de nivel

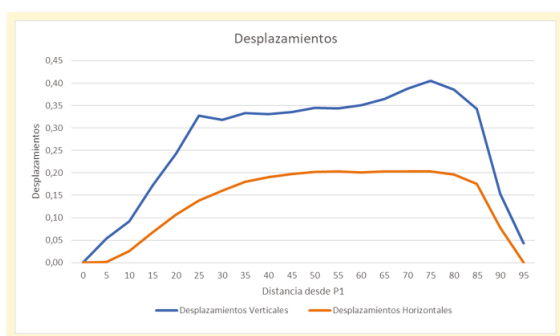


Figura 4: Desplazamientos verticales y horizontales en coronación.

Los resultados de interés son los que se obtuvieron entre los 45 y 55 m debido a que es por ese

intervalo por donde se interpreta que pasa el eje del cauce del río, adoptando un desplazamiento objetivo horizontal de 20 cm y vertical de 35 cm para el corte transversal ingresado al modelo.

2.3. Análisis estructural

Este se llevó a cabo mediante cinco pasos, estos son:

Paso 1: consiste en un análisis lineal elástico;

Paso 2: análisis no lineal, en dos fases;

Paso 3: análisis de vibración libre;

Paso 4: cálculo de los coeficientes de amortiguamiento de Rayleigh;

Paso 5: análisis tiempo-historia.

2.3.1. Paso 1: análisis lineal

Consiste en un análisis lineal elástico. El objetivo es verificar que el modelo se creó correctamente y que no tiene errores de dibujo, de asignación de condiciones de borde (cargas y apoyos), etc.

2.3.2. Paso 2: análisis no lineal

En este paso el objetivo es llegar a la configuración deformada que se obtiene del relevamiento topográfico. Esto se logró mediante un proceso iterativo en el cual se redujo la rigidez de los materiales. Se aplicó un análisis no lineal en dos fases. En la primera fase solo se aplica el peso propio y sobre esta deformación se carga el modelo con la presión hidrostática que conforma la segunda fase. Se debe obtener una configuración deformada tal que el conjunto de nudos que pertenece a la coronación muestre desplazamientos verticales y horizontales similares a los obtenidos en el relevamiento topográfico.

Es aquí entonces donde se revisan estos valores y se reduce progresivamente la rigidez de los materiales para en una próxima iteración asemejarse lo más posible a la deformación objetivo. En el espaldón aguas abajo se observa una zona de la escollera acomodada, la cual se encuentra comprimida, evidenciando un asentamiento del cuerpo de la presa a esa altura. Esta situación se suma como otro objetivo más a cumplir para obtener la deformación inicial. Esto se logró al reducir el ángulo de fricción interna en las fajas 2, 3 y 4.

En la Figura 6 se observa la envolvente de desplazamientos nodales en la dirección vertical en cm por cada paso de carga. Se muestra en la primera fase un comportamiento lineal sin plastificación, mientras que en la segunda fase se genera el comportamiento no lineal, es decir, se plastifica en la fase 2. Se observan los desplazamientos en un intervalo de 0 a -35 cm.

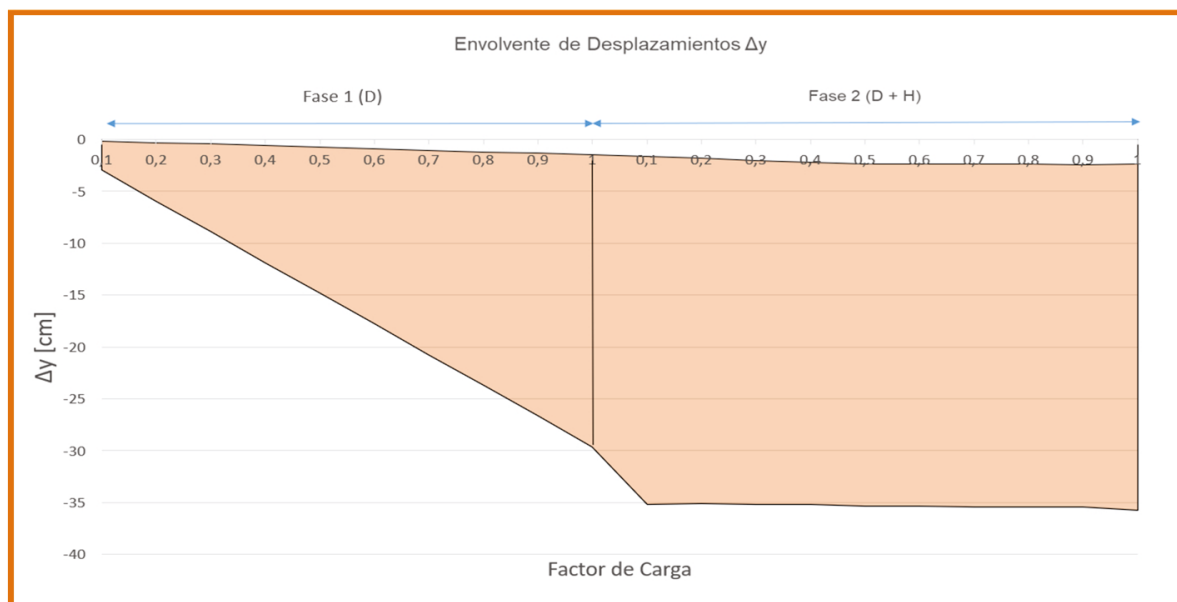


Figura 6: Envolvente de desplazamientos verticales

Plastificación

En la Figura 6 se observa la plastificación como resultado del segundo estado de cargas (D+H). Esta plastificación representa las distorsiones permanentes (giros relativos de los nodos).

La mayor plastificación se da en las fajas, en las cuales se redujo el ángulo de fricción interna.

2.3.3. Paso 3: análisis de vibración libre

Se realiza el análisis de vibración libre del modelo para conocer los modos de vibración y la participación modal acumulada. Tanto para utilizar en el análisis tiempo-historia como para el cálculo de los coeficientes de amortiguación, se necesita conocer la cantidad de modos de vibración en la dirección x y para que la participación modal acumulada (PMA) sea mayor o igual al 90 % en cada

dirección. Se debe encontrar cuál es entonces la cantidad de modos de vibración que se debe calcular para el análisis. Para ello, primero se propone un valor elevado de modos de vibrar para que el *software* calcule la PMA, y mediante la observación de los porcentajes de participación, se ajusta mediante un proceso iterativo, ya sea al reducir o al aumentar el número de modos de vibrar hasta encontrar el valor deseado.

Con el propósito de ver el comportamiento de la presa, se propuso el valor de PMA para 1000 modos de vibrar y así se encontró que se alcanza un 87,88 % para la dirección x y un 95,58 % en y .

En la Figura 7 se ve la participación acumulada para los 1000 modos.

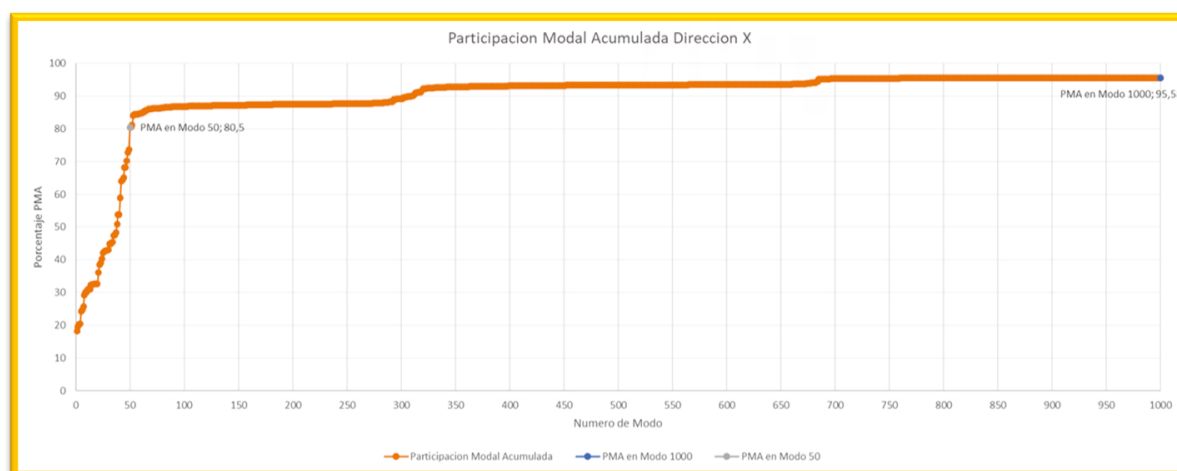


Figura 7: Participación modal acumulada

Se puede observar para la dirección x una elevada pendiente hasta los 50 modos de vibrar. Luego se puede notar que, por más que se incrementen los modos, la PMA no aumenta de forma considerable. Por lo tanto, al observar el gráfico de la Figura 7, se decidió colocar 50 modos de vibración para el cálculo de tiempo historia, obteniendo un 80,5 % de PMA, a fin de ahorrar memoria y tiempo de cálculo. Si se considera como en el gráfico mencionado 350 modos para llegar al 90 %, se requiere de una elevada memoria y tiempo de cálculo. Por ende, con 50 modos se obtiene 80 % de PMA y se puede considerar un valor bastante aceptable.

2.3.4. Paso 4: cálculo del coeficiente de amortiguamiento de Rayleigh

Esta fórmula sirve para simular el amortiguamiento de la estructura a partir de un coeficiente que afecta a la matriz de masa y a la matriz de rigidez. Dicho coeficiente se calcula a partir de la frecuencia fundamental, la frecuencia en modos superiores (el modo a partir del cual la PMA es mayor a 90 %) y la relación de amortiguamiento que se adopta en 5 %.

$$C_{Rayleigh} = b_0 \cdot M + b_1 \cdot K$$

$$b_0 = \zeta \frac{2\omega_1 \cdot \omega_n}{\omega_1 + \omega_n} \quad b_1 = \zeta \frac{2}{\omega_1 + \omega_n}$$

ζ es relación de amortiguamiento

ω_n es frecuencia fundamental.

ω_1 es frecuencia en modos superiores.

Para este paso, se modificó la cantidad de modos de vibrar para que llegue la PMA a 90 % debido a que este procedimiento no requiere de mucha memoria y tiempo. De ese modo, el software obtiene 1961 modos de vibrar, observando una PMA de 91,5 %.

La frecuencia fundamental que se obtiene es 0,78 Hz, y la frecuencia en modos superiores es 65,48 Hz, obteniendo así:

$$b_0 = 0.48832 \text{ y } b_1 = 0.00024017$$

2.3.5. Paso 5: análisis tiempo-historia

Se visualiza en la Figura 8, la historia de desplazamientos Δy para 16 segundos del acelerograma en centímetros, en el nodo de la coronación. Se observan desplazamientos en un rango de 35 cm a 50 cm.

La historia de desplazamientos Δx para 16 segundos del acelerograma en centímetros en el nodo de la coronación se visualiza en la Figura 9.

Se obtuvieron desplazamientos en un rango de 20 cm a 45 cm.

La envolvente de la historia de distorsiones plásticas para el cuerpo de la presa se muestra en la Figura 10.

3. Conclusiones

Si se observa la Figura 10, a medida que se avanza en el acelerograma, se incrementa la plastificación, por lo que el material se deforma buscando su propio equilibrio y generando nuevas distribuciones de tensiones. Esto hace posible que a medida que se avanza en el tiempo, en algún instante, el material se deforma sin lograr su estabilidad, provocándose así el colapso. Esa situación de colapso no se observa, debido a que las distorsiones se mantienen en cierto rango, sin incrementarse de forma súbita. Además, en cada segmento de tiempo, el método numérico logra la convergencia. Esto significa que el material sí logra su propia estabilidad global. Gracias a este análisis se estima, entonces, que no hay colapso estructural de la presa analizada bajo las condiciones mencionadas.

Resulta relevante reiterar la problemática que existe sobre la Presa de Escollera del dique Campo Alegre. La misma posee considerables deformaciones observables a simple vista, incluyendo infiltraciones en el espaldón aguas abajo. Además, se destaca la importancia de la obra, tanto para el pueblo de la Caldera como para la ciudad de Salta Capital. Por lo tanto, es importante realizar un diagnóstico general de la obra para así identificar en lo posible los problemas estructurales en el presente y prevenir conflictos de serviciabilidad en un futuro y estimar la seguridad estructural.

La intención del proyecto fue resolver esta problemática desde la perspectiva antes mencionada, realizando un análisis dinámico, debido a que los sismos son un problema de importancia estructural para la presa, el cual puede implicar desde la pérdida de funcionalidad, hasta su colapso.

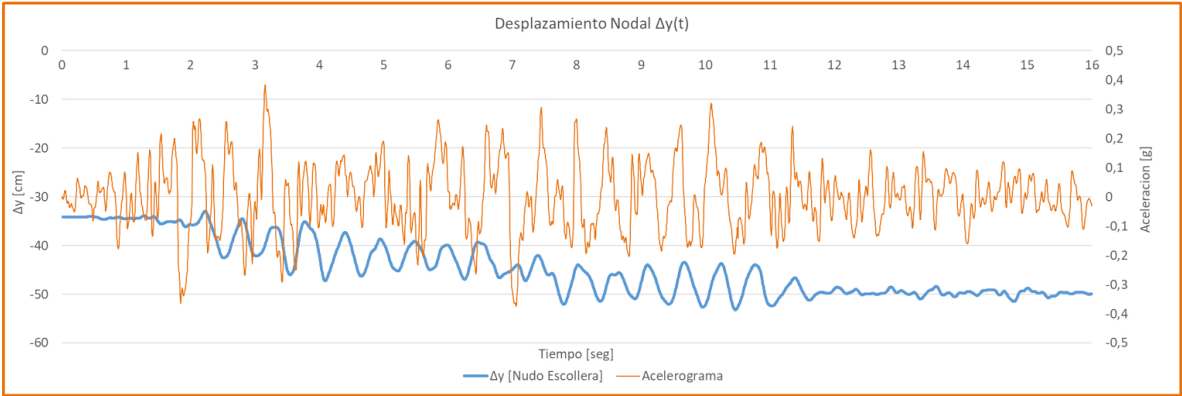


Figura 8: Desplazamiento absoluto en dirección vertical

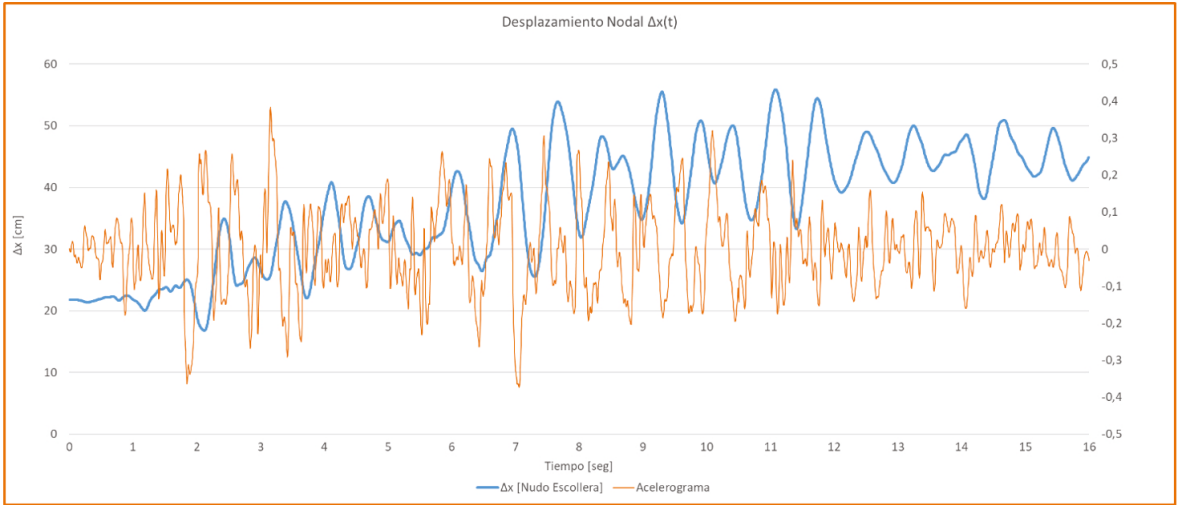


Figura 9: Desplazamiento absoluto en dirección horizontal

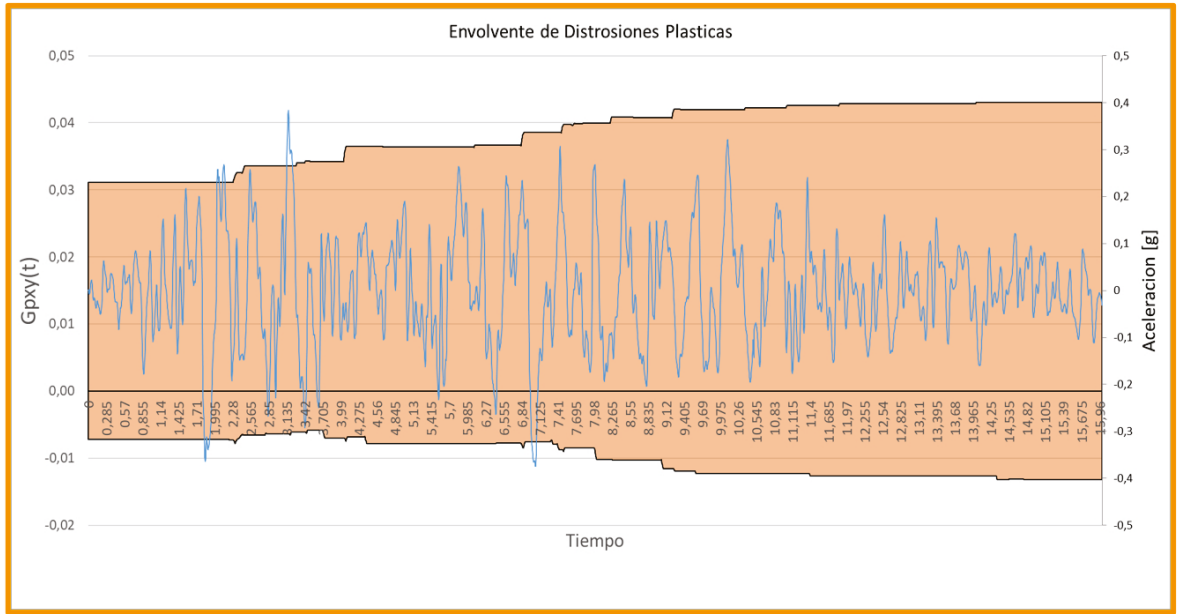


Figura 10: Envolvente de distorsiones plásticas

Se recuerda que, si bien el análisis dinámico consiste en obtener la respuesta estructural en términos de tiempo, para lograr esto se necesita cierta información, la cual se debe obtener a partir de instrumentos de auscultación, estudios topográficos, geotécnicos, geológicos, hidrológicos, entre otros, realizados *in situ* y en gabinete. Los estudios requieren equipos e instrumentación sofisticada, lo cual para el contexto del presente trabajo no se dispuso en su totalidad. Por lo tanto, los alumnos se remitieron a realizar una investigación bibliográfica para la obtención de aquellos parámetros necesarios para el análisis mencionado. Sin embargo, no toda la información se halló en las bibliografías, por lo que se improvisó cómo obtener los parámetros con las herramientas disponibles. De esa manera, los resultados del proyecto se analizaron mediante bibliografía orientada en ingeniería de presas, geotecnia, plasticidad, métodos numéricos, mecánica de rocas, dinámica estructural, proyectos finales similares, entre otros, para establecer un procedimiento a seguir.

Los textos de plasticidad expresan que existen teorías para analizar medios discretos y continuos. Si bien la escollera es un medio discreto, la bibliografía remarca que a gran escala la misma se comporta como un medio continuo. Es por ello que es válido analizar la presa mediante el modelo de Mohr Coulomb y Drucker Prager, pero al mismo tiempo se encuentra el limitante de que el modelo pierde validez luego de producido el colapso de la escollera.

Referencias

- [1] M. E. Espinosa. "Ingeniería de Presas de Escollera", Universidad Nacional de Cuyo, 2010.
- [2] E. Vallarino Cánovas del Castillo. *Tratado básico de presas*, 4ª edición. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 1998.
- [3] C.D. Hubert. "Caracterizaciones dinámicas del suelo utilizando la técnica de MASW y microtremor en zonas urbanas". Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Córdoba, Escuela de Geología: Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales. 2016.
- [4] M. Modenesi. "Estudio de sensibilidad de técnicas de microtremores y su aplicación para caracterización de geología urbana". Universidad Nacional de Córdoba, Escuela de Geología. Facultad de ciencias exactas, físicas y naturales. 2015.
- [5] Geometrics Inc. *SeisImager: Manual Software de Windows para análisis de ondas superficiales y análisis de sismica de refracción*, 2009.
- [6] H. Flores, C. Lomnitz, S. Yussim. "Estimación de velocidades de fase a partir del análisis de microtremores con el método SPAC". Tesis. Departamento de sismología, Instituto de geofísica, UNAM; UNAM, 2004.
- [7] O. C. Zienkiewicz, and R. L. Taylor, *El método de los elementos finitos*, 4ª edición, Vol. 1. Barcelona: CIMNE, 1994.
- [8] Hai-Sui Yu. *Plasticity and Geotechnics*, 1ª edición. Nueva York: Springer, 2006.
- [9] P. Pere. *Ecuaciones constitutivas, elasticidad y plasticidad*. Barcelona, España: Universidad Politécnica de Barcelona, 2006.
- [10] K. Terzaghi. *Soil Mechanics in Engineering Practice*. 3ª edición. New York: John Wiley and Sons, INC.

Internet de las cosas para el control y el monitoreo del consumo de energía eléctrica

Internet of things for the control and monitoring of electrical energy consumption

Marcos Emilio Chauque

marcos.chauque88@gmail.com

Ingeniería en Informática – Facultad de Ingeniería – Universidad Católica de Salta

Resumen

En los últimos años, el consumo de energía eléctrica en los hogares creció de manera exponencial, generando preocupación tanto para los usuarios finales, como para los proveedores de energía. A través de los avances tecnológicos, se busca contar con herramientas que permitan controlar el consumo de manera eficiente. Por lo tanto, este proyecto busca ofrecer una solución basada en la tecnología Internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés) para monitorear en tiempo real el consumo eléctrico en una vivienda, permitiendo a los usuarios reducir costos y optimizar su uso.

Todo esto es posible gracias al uso de plataformas como Raspberry Pi y Arduino, las cuales están conectadas a sensores de corriente no invasivos, permitiendo la adquisición de datos, que luego se procesan y visualizan en una interfaz web simple a través de OpenHAB (sistema de código abierto que permite la automatización de hogares).

Este enfoque permite a los usuarios reducir el consumo de energía y, en consecuencia, disminuir sus gastos y tomar decisiones más inteligentes sobre el uso de sus dispositivos, contribuyendo también a una gestión sostenible y beneficiosa para el entorno.

Palabras clave

Internet de las cosas, Raspberry, Arduino, OpenHAB, consumo energético.

Abstract

In recent years, electricity consumption in households has grown exponentially, generating concern for both end users and energy providers. Through technological advancements, the goal is to have tools that allow for efficient consumption control. Therefore, this project aims to offer a solution based on IoT (Internet of Things) technology to monitor real-time electricity consumption in a home, enabling users to reduce costs and optimize their usage.

All of this is made possible through the use of platforms such as Raspberry Pi and Arduino, which are connected to non-invasive current sensors, allowing data acquisition that is then processed and visualized in a simple web interface via OpenHAB (an open-source system that enables home automation).

This approach allows users to reduce energy consumption, consequently lowering their bills, and make smarter decisions about the use of their devices, also contributing to sustainable and environmentally beneficial management.

Keywords

Internet of Things, Raspberry, Arduino, energetic consumption

Introducción

En la actualidad el consumo energético se considera un problema, que año tras año se intensifica. La mejor manera de contrarrestar este problema es prevenirlo. Por este motivo, el presente proyecto plantea desarrollar un sistema para la supervisión en tiempo real del consumo eléctrico en entornos residenciales. Presenta un enfoque práctico de control y monitoreo del consumo energético, facilitando una gestión más eficiente de los recursos eléctricos en el hogar.

Se plantea el desarrollo de una aplicación que permita la supervisión y adquisición en tiempo real de los parámetros eléctricos, como el voltaje, la corriente y la potencia.

El sistema se basa principalmente en los conceptos de Internet de las cosas y la domótica aplicada. En la fase inicial del proyecto, se realiza un estudio detallado y un análisis exhaustivo de estos conceptos. En la siguiente fase, se define la problemática que motivó la creación del sistema, la importancia de su estudio, su objetivo, alcance y limitaciones potenciales. Luego se presenta la fase de diseño e implementación de la solución propuesta. Esto incluye el diseño de la arquitectura del sistema, la selección de sensores y dispositivos adecuados, y la programación de la interfaz de usuario para la supervisión y control. Se desarrollan los algoritmos necesarios para el procesamiento de datos y se integra la aplicación web para la visualización y análisis de la información recogida por los sensores.

Por último, se realiza una conclusión bajo los objetivos planteados inicialmente. Se evalúan los resultados del sistema a través de pruebas experimentales, basadas en los datos obtenidos durante las pruebas para medir el rendimiento y la efectividad del sistema. Esta fase es esencial para validar la funcionalidad del sistema.

1. Aspectos generales

El objetivo de esta sección es explorar cómo el Internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés) se convierte en una herramienta valiosa para abordar este desafío energético.

El Internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés) es una red de dispositivos físicos conectados a internet, capaces de recoger y compartir datos a través de sensores y *software* integrados. Estos dispositivos pueden interactuar entre sí, automatizar tareas y tomar decisiones de manera autónoma, mejorando la eficiencia en diversos sectores como el industrial, el doméstico, la salud y las ciudades inteligentes.[1]

1.1. Descripción del problema

La aplicación y utilización de la tecnología en cualquier aspecto, ya sea para brindar bienes y servicios, implica un uso de energía para que funcione. Esta energía puede provenir de diferentes fuentes, como electricidad, combustibles, etc. La producción, generación y administración de esta energía son temas de gran importancia. De hecho, se ha establecido una conexión directa entre el nivel de vida de las personas y la cantidad de energía que se consume. Esto significa que, a medida que una sociedad progresa y se desarrolla, también tiende a incrementarse, impulsada por el desarrollo de nuevas tecnologías y actividades productivas.

El incremento en el desarrollo de una nación, es decir, su crecimiento económico, social y tecnológico, está relacionado con un mayor consumo, uso y capacidad de transformación de energía de manera eficiente. En otras palabras, a medida que una sociedad avanza, su demanda de energía también aumenta debido a las actividades y tecnologías que se desarrollan y utilizan.

Este consumo energético se justifica debido a las necesidades que permiten que las personas vivan cómodamente. Esto incluye el funcionamiento de sistemas y sectores como el transporte (vehículos, trenes, aviones), el sector doméstico (hogares), el sector industrial (fábricas y manufactura), el sector comercial (negocios y tiendas), el sector institucional (escuelas, hospitales, edificios gubernamentales) y el sector agrícola (granjas y producción de alimentos), entre otros. Todos estos sectores requieren energía para operar de manera efectiva y brindar los servicios y productos que la sociedad necesita.

A nivel mundial, con respecto a la producción de energía eléctrica, la misma aumentó un 3.3 % en el último trimestre del año 2020, alcanzando los 34.564 GWh. De esta manera, se registró un aumento del 4.2 % por parte del sector residencial y del 2.8 % por parte de la demanda industrial/comercial mayor a 300 kW. Al final del cuarto trimestre del 2022, la potencia instalada en el SADI (Sistema Argentino de Interconexión) fue de 42.925 MW. [2]

1.1.2. Impacto del uso irracional de la energía

El uso irracional de la energía conlleva un uso ineficiente de los recursos naturales. Esto significa que, si la energía no se utiliza de manera responsable y eficiente, se están agotando recursos naturales sin garantizar que las necesidades de la población creciente puedan ser satisfechas en el futuro. La globalización y el avance tecnológico han llevado a un excesivo aumento en el consumo eléctrico.

Dado que gran parte del consumo energético del país proviene de los hogares, se entiende que la población en general, especialmente los hogares, serán los más afectados por una posible escasez de energía. Esto podría resultar en interrupciones de suministro o, en el caso contrario, en incrementos en los costos de generación que se reflejarían en facturas más altas para los usuarios finales.

En Argentina, en 1980 el consumo de energía eléctrica promediaba los 1318 kWh per cápita al año, mientras que en el año 2020 este valor se multiplicó casi 2.04 veces, llegando a 2700 kWh per cápita al año. [2]

Otro dato importante es el que proporciona CAMMESA (Compañía Administradora del Mercado Mayorista Eléctrico S.A.), que en el año 2020 muestra que la demanda residencial en el país fue del 47 % del total de la energía eléctrica producida. [3]

Por tales motivos, es necesario aplicar esfuerzos en el desarrollo de tecnologías que contribuyan a reducir dicho consumo y concientizar a los usuarios sobre el impacto ambiental que esto genera.

1.2. Objetivo

El objetivo general del proyecto se basa principalmente en diseñar e implementar de un prototipo funcional, sencillo y de bajo costo, con la finalidad de monitorizar y gestionar el consumo energético de los diferentes dispositivos conectados a la red eléctrica y optimizar el uso de energía en un entorno doméstico.

1.3 Alcance

Este trabajo pretende implementar un sistema de control y monitoreo del consumo eléctrico, utilizando herramientas de *software* y *hardware*, como lenguajes de programación, base de datos, Raspberry, Arduino, sensores y dispositivos de conectividad.

El sistema tendrá una interfaz web adaptable a dispositivos móviles. La función principal del sistema será reportar el consumo en tiempo real de los diferentes electrodomésticos conectados a la red residencial. Además, tendrá la capacidad de almacenar historial de los usuarios, actividades e interacciones con el sistema, generando perfiles de consumo y preferencias. También proporcionará alertas de consumos excesivos, ayudando a la toma de decisiones en el uso de energía a corto, mediano y largo plazo (diario, semanal y mensual).

Requisitos

Los requisitos del proyecto simbolizan las necesidades, requerimientos y expectativas dentro del proyecto, que serán clasificados según su función.

Requisitos funcionales

- » Monitoreo del consumo energético
- » Consulta del historial de consumo
- » Generación de notificaciones y alertas
- » Configuración de la comunicación
- » Gestión de usuarios (ABM de cuentas)
- » Configuración de cuentas de usuarios
- » Configuración de dispositivos conectados.

Requisitos no funcionales

- » Seguridad en la web
- » Disponibilidad
- » Facilidad de uso del sistema (Usabilidad)
- » Escalabilidad del sistema
- » Rendimiento eficiente
- » Bajo costo de implementación
- » Bajo consumo energético

2. Solución propuesta

2.1. Metodología de desarrollo

La metodología utilizada para el desarrollo del prototipo será la metodología *Scrum*. La metodología *Scrum*, se define como una metodología ágil utilizada para gestionar proyectos complejos y desarrollar productos de manera eficiente. Se basa en los principios de transparencia, inspección y adaptación, promoviendo la colaboración dentro de equipos multidisciplinarios. La metodología divide el trabajo en ciclos cortos llamados sprints, con entregas incrementales de valor que permiten ajustes continuos y respuestas rápidas a los cambios. [4]

2.2. Módulos del sistema

2.2.1. Software

- » **Módulo web:** Comprende el desarrollo de un sistema web basada en la distribución Raspbian (Open Source), que permitirá realizar consultas del consumo de eléctrico de manera local y remota. Se plantea el diseño de dos tipos de interfaces, una con una conexión directa desde el servidor local embebido, y otra para acceso remoto a través de Internet. La interfaz será intuitiva y amigable.
- » **Reportes:** Para solucionar el problema de IP dinámica en la conexión a Internet existente en la red doméstica, se incluirá un software externo llamado "No-IP" para solucionar problemas de IP dinámica, sincronizando la IP del servidor con un dominio predefinido, asegurando acceso continuo al sistema sin depender de la IP actual del servidor.

- » **Servidor/Base de datos:** Se prevé implementar un servidor web Apache en la plataforma Raspberry Pi 3 bajo la infraestructura LAMP (Linux, Apache, MySQL, PHPMyAdmin), que manejará tanto el servidor web como la base de datos del sistema.
- » **Módulo local:** Este módulo incluirá un sistema embebido en Raspberry Pi 3 que recopilará datos a través de sensores de corriente y permitirá la automatización del corte de energía cuando el usuario lo desee.

2.2.2. Hardware

- » **Plataforma Raspberry Pi 3:** Raspberry Pi es una computadora de placa única, desarrollada en el Reino Unido, diseñada para promover la enseñanza de la informática básica y la programación. [5]

En este proyecto, la plataforma Raspberry Pi3, se configurará con el sistema operativo Raspbian (basado en Debian). Actuará como servidor web y base de datos, gestionando la conectividad con los módulos locales y periféricos.

- » **Plataforma Arduino:** Arduino es una plataforma de hardware libre basada en una sencilla placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo integrado (IDE, por su sigla en inglés), que permite la creación de proyectos electrónicos interactivos. [6]

Arduino actuará como interfaz física entre Raspberry Pi y los dispositivos conectados. Incluirá submódulos para procesamiento y cálculo, acondicionamiento de señal, y conectividad en red.

- » **Periféricos:** los periféricos estarán conectados a la placa Raspberry Pi de manera física. Los periféricos son: Display LCD, sensores de corriente no invasivo, actuadores e interruptores.

2.3. Diseño e implementación de hardware

El sistema está compuesto por cuatro partes: los sensores, la placa Arduino, la interfaz inalámbrica y la placa Raspberry Pi.

El componente principal es la placa Raspberry pi, en ella se conectarán la placa Arduino que servirá de interfaz con los sensores y los actuadores. También a través de este dispositivo se logrará la conexión a Internet mediante un adaptador Wi-Fi.

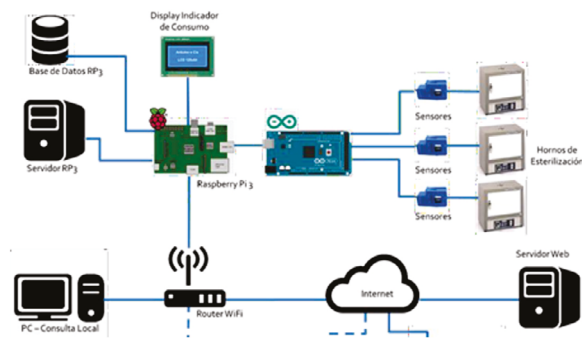


Figura 1: Diagrama de arquitectura del Sistema de Monitoreo de Consumo Eléctrico

En la Figura 1 se muestra el diagrama de los componentes principales del dispositivo y su funcionamiento.

2.3.1. Conectividad de los sensores de corriente

Para poder realizar la adquisición de los datos medidos por los sensores de corriente, estos deben estar conectados mediante un adaptador Jack 3.5 a la placa Arduino.

2.3.2. Interfaz Wi-Fi

La conexión a Wi-Fi se realiza a través de un adaptador de Red Wi-Fi tipo USB. Al conectarlo a la placa Raspberry Pi funciona como una tarjeta de red estándar.

2.4. Diseño e implementación de software

2.4.1. Programa de procesamiento de datos y cálculo

Como primer paso, se requieren los valores de voltaje y corriente. Para esto se debe implementar un circuito que atenúa la señal y elimina la componente negativa antes de ingresarla al conversor analógico-digital (ADC, por su sigla en inglés) del microcontrolador.

El código de programación está escrito en el entorno IDE de Arduino. En este se configuran el módulo Ethernet, las rutinas de adquisición de datos y el envío de información a la red LAN. Se incluyen las librerías necesarias para gestionar el módulo Ethernet, el display LCD y la tarjeta SD. Las variables globales para la manipulación de datos se inicializan al arrancar el módulo Arduino.

En la función Setup (), se declaran los parámetros del socket para la configuración del módulo Ethernet, es decir se define el puerto de comunicación y las IP del cliente y servidor, a estas se les agrega sentencias de configuración de los pines analógicos, así como también la inicialización de variables y servicios de comunicación serial. Cabe mencionar que esta función se ejecuta una sola vez después de haber inicializado el módulo Arduino.

En el bucle Loop () se fija un procedimiento de adquisición de datos de los sensores, para ello se habilitan las entradas analógicas y consecutivamente se ejecutan las sentencias para calcular los consumos electrónicos de cada circuito, dicha información es recopilada en una variable de tipo cadena, la cual es enviada hacia el display LCD y retransmitida hacia el servidor web mediante el protocolo TCP/IP. La Figura 2 muestra el diagrama de flujo del programa en Arduino.

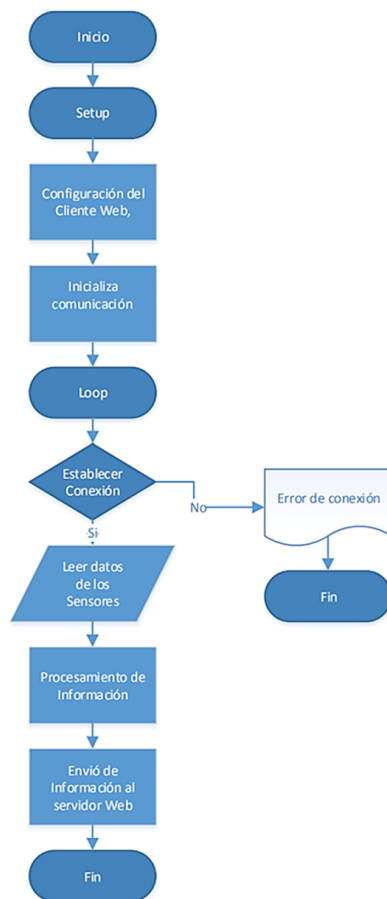


Figura 2: Diagrama de flujo de la programación de Arduino

2.4.2 Sistema operativo

Existe una gran variedad de distribuciones de Linux para la RaspberryPi. Entre ellas se encuentran las distribuciones de propósito general como las de propósito específico. Algunas, como RetroPie, la cual permite convertir la RaspberryPi en un centro de emulación de consolas antiguas, o arkOS, que ofrece herramientas para crear y administrar un servidor *cloud* privado de archivos.

Para este proyecto, se seleccionó el sistema operativo Raspbian. Fue de interés escoger una distribución de propósito general, por su flexibilidad en términos de posibles configuraciones, cualidad importante y crucial para proyectos de investigación y desarrollo.

El sistema Raspbian es una versión de Debian concebida específicamente para RaspberryPi. Debian (la combinación de los nombres Debbie e Ian) es una distribución Linux dirigida por su comunidad de usuarios, que pone mucho énfasis en el desarrollo de código abierto. Ninguna organización comercial participa en el desarrollo de Debian. Raspbian amplía Debian con herramientas y paquetes de *software* por ejemplo Java, Mathematica o Scratch, específicos para RaspberryPi[7].

2.4.3 Servidor web LAMP

LAMP es una palabra compuesta por las iniciales Linux, Apache, MySQL y PHP. Todo este paquete forma la construcción del servidor, por lo que hace posible la creación y el alojamiento de páginas web. Ver Figura 3.

El sistema operativo Raspbian trabaja en la plataforma de Linux y ayuda a ejecutar el servidor web Apache. Su funcionamiento es en conjunto, se podría decir que Apache envía un código fuente al intérprete PHP incluyendo toda la información correspondiente sobre todas las acciones que llegará a realizar el visitante web, permitiendo de tal forma poder tener acceso a la base de datos MySQL (apache.org, s.f.). [8]



Figura 3: Logo LAMP

2.4.4 Base de Datos

Una base de datos se define como “una colección de datos interrelacionados y un conjunto de programas para acceder a esos datos. El objetivo principal de un sistema de bases de datos es proporcionar un ambiente que sea conveniente y eficiente para recuperar y almacenar información”. [6]

En este caso, la función de la base de datos será garantizar la integridad y seguridad de la información almacenada. Esta debe ser robusta y confiable, permitiendo la gestión eficiente de cuentas de usuarios y contraseñas. Esto va a garantizar que solo los usuarios autorizados, con los permisos adecuados, puedan acceder a la información, protegiendo así los datos sensibles frente a accesos no autorizados.

El *software* gestor de base de datos a utilizar será MySQL. MySQL es un sistema de gestión de bases de datos relacional diseñado para realizar

operaciones de manipulación de datos utilizando el lenguaje SQL. Es popular en aplicaciones de código abierto y se caracteriza por su alta velocidad y flexibilidad. [9]

En este sentido, para lograr la conexión a la base de datos, se necesitan cuatro parámetros importantes, el nombre del usuario creado en la base de datos, la contraseña respectiva del usuario, la dirección IP del servidor y el respectivo nombre de la base de datos.

Se observa en la Figura 4 el diagrama de flujo de la conexión y envío de información hacia la base de datos.



Figura 4: Diagrama de Flujo de Conexión a la Base de Datos

2.4.5 OpenHAB

OpenHAB es un *software*, desarrollado en Java y basado en Eclipse SmartHome, utilizado para la integración de diferentes sistemas y tecnologías relacionadas con el ámbito domótico. Permite utilizar reglas de automatización y dispone de diferentes interfaces para usuarios uniformes. Esto hace que OpenHAB esté diseñado para ser neutral, tanto en términos *software* como *hardware* y para integrar una gran cantidad de tecnologías domóticas diferentes en una sola. Puede ejecutarse en cualquier dispositivo que soporte una JVM (Java Virtual Machine, por su sigla en inglés) y posee un potente motor de reglas para la automatización del centro domótico instalado, además de disponer de mecanismos de persistencia para poder realizar gráficos y análisis de algunos sensores instalados. [10]



Figura 5: Logotipo OpenHAB

OpenHAB es una solución de *software* libre, posee interfaces web accesibles desde cualquier dispositivo con navegador y, además, presenta una aplicación nativa para sistema iOS y Android. Cabe destacar que es fácilmente extensible mediante la integración con nuevos dispositivos y sistemas, esto es posible gracias a diferentes API desarrolladas. Ver Figura 5

2.4.6 Configuración de OpenHAB

Tal y como se recoge en la documentación de la página oficial de openHAB, en su sitio web, la instalación se puede realizar de diferentes maneras. El primer paso será ver qué versión de Java disponible tiene el servidor. Para ello, desde el terminal, se comprobará la versión:

```
java -versión
```

En caso de no disponer de Java instalado, se deberá de instalar con los siguientes comandos:

```
sudo add-apt-repository ppa:webupd8team/java
sudo apt update
sudo apt-get install oracle-java8-set-default
```

Para la utilización del protocolo HTTPS, se agregará la clave del repositorio de openHAB Bintray, utilizando las siguientes sentencias:

```
!wget -qO- 'https://bintray.com/user/downloadSubjectPublicKey?username=openhab' |
sudo apt-key add -
sudo apt-get install apt-transport-https
```

Luego se procede a la selección de la versión estable, puesto que será la que menos errores contenga, junto con los paquetes actualizados.

```
echo 'deb https://dl.bintray.com/openhab/apt-repo2 stable main' |
sudo tee /etc/apt/sources.list.d/openhab2.list
sudo apt-get update
sudo apt-get install openhab2
sudo apt-get install openhab2-addons
```

Para finalizar, y para que se pueda ejecutar el servicio cuando inicie el servidor, se deberán ejecutar las siguientes sentencias:

```
sudo systemctl start openhab2.service
sudo systemctl status openhab2.service
sudo systemctl daemon-reload
sudo systemctl enable openhab2.service
```

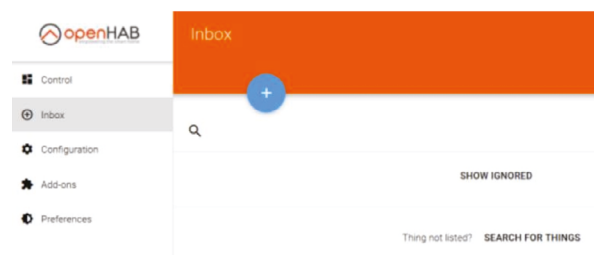


Figura 6: Interfaz Paper UI de OpenHAB



Figura 7: Interfaz Basic UI de OpenHAB

2.5. Seguridad del sistema

El uso de dispositivos IoT también presenta un gran desafío en el tema de seguridad, porque al involucrarse la privacidad del usuario hace que se vean expuestos todo tipo de datos que abren una puerta inmensa al ataque cibernético, provocando todo tipo de riesgos y amenazas para la persona que adquiere estos productos sin darse cuenta a lo que estos conllevan.

La seguridad de esta nueva tecnología se ha visto afectada en diversos aspectos con el uso de una aplicación inteligente, un dispositivo IoT, un sistema domótico, muchas veces sin que el propietario se dé cuenta de que los equipos han sufrido un ataque.

Es crucial implementar medidas de seguridad robustas para mitigar estos riesgos. Entre las soluciones propuestas se incluyen mecanismos de autenticación y autorización, que garantizan un acceso seguro a los dispositivos IoT, ayudando al usuario a priorizar la seguridad sobre la conveniencia. Estas medidas buscan proteger los sistemas domóticos y otras aplicaciones inteligentes contra posibles vulnerabilidades y ataques.

2.5.1 Seguridad en OpenHAB

OpenHAB permite la adaptación de dispositivos de diferentes protocolos, lo que la lleva a ser una de las más usadas. No presenta una interfaz compleja y su instalación es bastante sencilla. Necesita de Java para poder funcionar. En la integración de OpenHAB existe varias interfaces en las que el usuario puede trabajar para el control de dispositivos, entre esas están Basic UI, Paper UI, Classic UI y HAB Panel, cada una de ellas tienen sus características y son escogidas de acuerdo con la facilidad de entendimiento que puede considerar el usuario para la ejecución de su panel de control. Ver Figura 6 y Figura 7.

Para mejorar la seguridad en OpenHAB, se implementó un servidor VPN basado en OpenVPN, donde se pueden establecer conexiones de alta seguridad en la comunicación de red, incluso utilizando infraestructura distribuida o pública.

La solución de OpenVPN para Raspberry Pi utilizada puede resultar un tanto compleja de instalar y configurar la primera vez, pero que a la larga se ha mostrado muy robusta, con poca necesidad de mantenimiento. También existen diversos tutoriales, e incluso *scripts* que automatizan gran parte del proceso, como es el caso de PIVPN. Y, nuevamente, una comunidad de usuarios muy activa a la que se puede recurrir para solucionar dudas, aunque lo más probable es que ya hayan sido planteadas y resueltas con anterioridad.

Posteriormente, se configuró OpenHAB con MQTT. Primero, se instaló el MQTT Broker desde la pestaña MISC en la opción Addons, configurándolo manualmente.

Luego, se agregó un dispositivo genérico (*thing*) utilizando el MQTT Broker como puente para la comunicación y luego se agregó un canal de tipo *switch* donde se añadió el *topic* que tendrá el dispositivo para su estado y envío de comando, en ambos se debe considerar el ID, *local key* y la IP del dispositivo que se gestionó. Por último, se creó un ítem tipo *switch* y con eso se terminó la configuración en Open HAB.

Además de instalar el servidor de VPN (en la Raspberry Pi de servicios que también aloja la base de datos, y algún otro servicio más), son necesarios algunos pasos adicionales para tener el entorno plenamente funcional.

3. Pruebas y resultados

3.1. Prueba de calibración

Las pruebas consistieron en realizar con el sistema desarrollado mediciones de voltaje, corriente, potencia y energía consumida. La finalidad de esta etapa fue evaluar la precisión y la exactitud del sistema, comparando los valores medidos por los instrumentos de medición y los valores entregados por el sistema. Teniendo en cuenta que los instrumentos de medición utilizados en el sector tecnológico disponen de su respectivo certificado de calibración, por lo que asumimos que las mediciones entregadas por los mismos son correctas.

3.1.1. Procedimiento

Para la implementación del medidor de corriente se ha utilizado la librería Emonlib. Para el cálculo de la corriente RMS, primero, se necesita inicializar la librería con la función "emonl.current (pin, calibración)" en la que el parámetro de calibración dependerá del tipo de SCT.

Este parámetro refleja el número de espiras dividido entre su resistencia interna. Según la hoja de características (*datasheet*), el número de espiras es 2000 y no tiene resistencia interna. Sin embargo, en la implementación, se descubrió que la falta de resistencia interna generaba errores. Por tanto, esto llevó a determinar un número de calibración de forma empírica.

Las pruebas de calibración consistieron en medir un dispositivo eléctrico con su consumo conocido, dado por el fabricante. Cuando el dispositivo estaba apagado, el medidor debía indicar un consumo de cero, y cuando estaba encendido, debía registrar el consumo esperado. A partir de estas pruebas, se identificó que el SCT tenía una resistencia interna no especificada en su hoja de características, afectando las mediciones originales.

3.2. Prueba de consumo eléctrico

Un aspecto crucial en esta prueba es la velocidad a la que se generan los pulsos y el retardo causado por la red al transmitir los datos a la plataforma web. Por eso, en esta prueba se enviarán los datos cada cierto tiempo. Cuando el dispositivo envía datos, este no puede detectar pulsos. Así, en el código de este dispositivo se realizaron ajustes para estimar los pulsos perdidos durante la transmisión, basándose en el consumo medido justo antes de enviar los datos. Los resultados de esta prueba se muestran en la Figura 8.

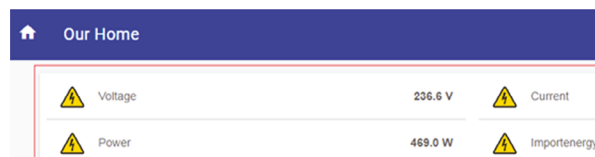


Figura 8: Panel de consumo

Además del consumo habitual de electrodomésticos, se realizaron diferentes consumos controlados. Para comprobar que el dispositivo era capaz de monitorizar tanto altos consumos como bajos consumos, se enchufaron y hacer uso de diferentes dispositivos eléctricos, como: microondas, cafetera, impresora, televisor, etc.

Siendo consciente del posible consumo que se estaba produciendo y el momento en que se estaba produciendo, se puede afirmar que los resultados obtenidos han sido de un grado muy satisfactorio. Al igual que en las pruebas anteriores, observando en todo momento el consumo antes y después de la prueba. Finalmente, se puede decir que se tiene un dispositivo capaz de monitorizar el consumo eléctrico.

3.3. Prueba del sensor de corriente

A continuación, se realizó un análisis del consumo de diferentes dispositivos electrodomésticos, comparando el consumo teórico con el medido empíricamente. Para esta prueba, se utilizó un dispositivo con tres niveles de potencia. Las especificaciones y características técnicas fueron obtenidas de la página oficial del fabricante. El dispositivo de medición, de tipo no invasivo, se puso en funcionamiento de manera sencilla, como se ilustra en la Figura 9.

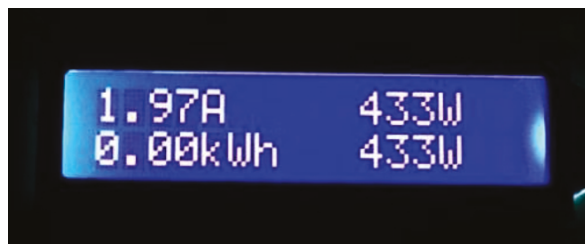


Figura 9: Medidor de consumo eléctrico – Display LCD

Como se puede ver, en este caso el dispositivo está conectado a una batería externa. Para poder ver los valores medidos se utilizó tanto OpenHAB como el monitor serie de Arduino. Una vez hecho esto, los resultados obtenidos fueron los presentados a continuación.

3.3.1 Prueba de 400 W

En esta prueba se ha puesto el dispositivo a trabajar a 400 W y los resultados obtenidos por el medidor de corriente en Arduino IDE fueron los siguientes (ver Figura 10):

```

Irms: 2.07
Consumo: 464.82
Irms: 2.02
Consumo: 497.97
Irms: 2.17
Consumo: 476.02
Irms: 2.07
Consumo: 476.02
Irms: 2.07
Consumo: 480.62
Irms: 2.09
Consumo: 494.42
Irms: 2.15
Consumo: 484.28
Irms: 2.11

```

Figura 10: Prueba de 400 Wattios

3.3.2 Prueba de 800 W

La segunda prueba utilizó el mismo dispositivo, esta vez a una potencia de 800 W según las especificaciones del fabricante. Los resultados se presentan en la Figura 11.


```

Irms: 3.66
Consumo: 811.33
Irms: 3.53
Consumo: 804.96
Irms: 3.50
Consumo: 833.98
Irms: 3.63
Consumo: 857.87
Irms: 3.73
Consumo: 849.12
Irms: 3.69
Consumo: 851.01
Irms: 3.70
Consumo: 841.60
Irms: 3.66

```

Figura 11: Prueba de 800 Wattios

Finalmente, a la vista de los resultados en las diferentes pruebas, se ha comprobado que el dispositivo construido consigue unos resultados satisfactorios.

Este dispositivo puede utilizarse para comprobar que los electrodomésticos consumen lo que indican las especificaciones del fabricante, además para medir variaciones en el consumo en función de diferentes factores, como las condiciones de uso (por ejemplo, el consumo de una heladera varía según la temperatura seleccionada y la frecuencia de apertura de las puertas).

3.4. Prueba de conexión remota al sitio web

Otra prueba consistió en verificar la conexión remota al sistema desde un dispositivo móvil mediante el sitio web <https://myopenhab.org/>.^[11]

Una vez realizada la conexión correctamente, se puede seleccionar una de las tres interfaces disponibles, en este caso, "Basic UI". Esta interfaz permite acceder de manera remota a la plataforma OpenHAB y controlar los dispositivos desde cualquier ubicación.

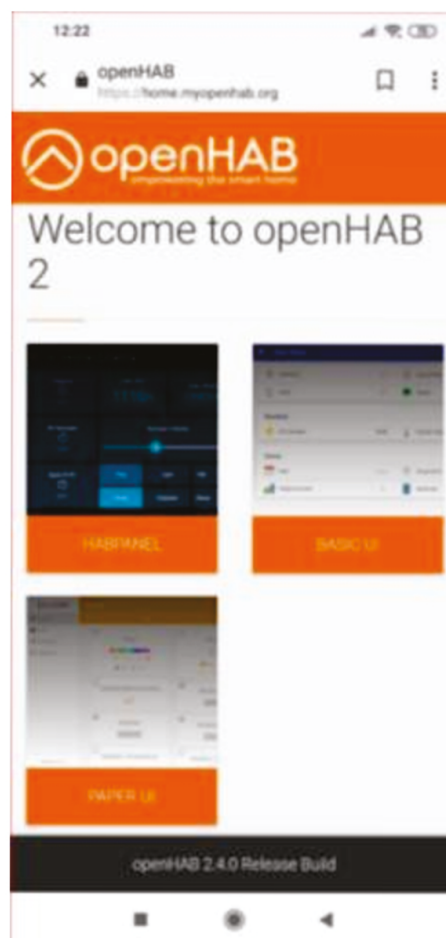


Figura 12: Interfaz MyOpenHAB Basic UI

Esta prueba de conexión remota demostró que el sistema funciona correctamente, permitiendo al usuario monitorear y gestionar el estado de los dispositivos a distancia y en tiempo real, lo cual es crucial para su operatividad. (Ver Figura 12).

4. Conclusiones y futuras líneas de investigación

4.1. Conclusiones

Desde el punto de vista electrónico, uno de los principales desafíos del proyecto fue el cálculo y acondicionamiento del sensor de corriente. Luego de algunas pruebas realizadas y recurriendo a bibliografía específica, se logró la correcta calibración y puesta a punto de los módulos del sistema.

Por otra parte, se implementaron aplicaciones innovadoras y herramientas informáticas vinculadas al Internet de las cosas (IoT, por su sigla en inglés) y la domótica para el almacenamiento y procesamiento de datos.

Debido a la crisis económica por la que atraviesa el país, la adquisición de los componentes electrónicos se facilitó a través de plataformas de e-commerce como Mercado Libre.

El sistema basado en OpenHAB se implementó exitosamente, cumpliendo con todos los requisitos funcionales establecidos. Todos los módulos de *hardware* y *software* funcionan e interactúan de manera óptima, conforme a los objetivos establecidos en el proyecto.

4.2. Valoración personal

Este proyecto forma parte de un largo trayecto de aprendizaje continuo, y un importante desafío tanto personal como profesional. Todo junto, permitió cumplir los objetivos propuestos después de varios meses de esfuerzo.

La mayor satisfacción es haber finalizado y concluido el proyecto con un sistema completamente funcional.

5.3. Líneas futuras de investigación

5.3.1 Autonomía

Uno de los principales problemas de todos los dispositivos móviles es la autonomía de las baterías, que tienden a limitar su funcionamiento. En este proyecto, los dispositivos se alimentaron mediante baterías externas. Una posible mejora puede ser, incorporar un módulo autónomo de batería que permita tanto alimentar los dispositivos como recargar las baterías, aumentando su autonomía y reduciendo la necesidad de mantenimiento frecuente.

Uno de los principales problemas de los dispositivos eléctricos móviles, es la durabilidad de las baterías. En este proyecto los dispositivos se alimentaron con una batería externa. Como se ha podido ver a lo largo del proyecto, esas baterías se deben cargar o remplazarse por otra cada cierto tiempo.

5.3.2. Tecnología para IoT

Siempre que se habla de redes inalámbricas. Tal vez las tecnologías más usadas a nivel mundial sean, el tradicional Wi-Fi, Bluetooth, 3G, 4G o 5G. En este sentido, el desarrollo del IoT ha impulsado nuevas tecnologías de redes inalámbricas más allá de las mencionadas. Estas nuevas redes emergentes, que utilizan la "banda blanca" liberada por la televisión digital terrestre, implementan soluciones de acceso IoT en áreas extensas.

Dependiendo de la aplicación, los factores como el alcance, velocidad de transferencia, seguridad, potencia y autonomía determinarán cuál es la mejor alternativa a la hora de elegir una red inalámbrica u otra. Por tanto, se sugiere estudiar el empleo de algunas de estas tecnologías para una posible mejora y evolución de los dispositivos del proyecto, especialmente en áreas donde la cobertura Wi-Fi sea insuficiente.

Referencias

- [1] D. Molloy y J. Wiley, *Raspberry Pi a fondo para desarrolladores*, Barcelona, España: Marcombo, 2019, p. 45.
- [2] Secretaría de Energía, "La Secretaría de Energía publicó el último Informe Trimestral de 2022," 2022. [En línea] Disponible en: [https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-secretaria-de-energia-publico-el-ultimo-informe-trimestral-de-2022#:~:text=De%20esta%20manera%2C%20se%20registr%C3%B3,SA-DI%20fue%20de%2042.925MW](https://www.argentina.gob.ar/noticias/la-secretaria-de-energia-publico-el-ultimo-informe-trimestral-de-2022#:~:text=De%20esta%20manera%2C%20se%20registr%C3%B3,SA-DI%20fue%20de%2042.925MW.). [Accedido: septiembre, 2023].
- [3] CAMMESA, "Información Anual 2020," 2022. [En línea]. Disponible en: <https://microfe.cammesa.com/static-content/CammesaWeb/download-manager-files/Informe%20Anual/INFORME%20ANUAL%202020%20VF.pdf>. [Accedido: septiembre, 2023].
- [4] J. Sutherland, *Scrum: El arte de hacer el doble de trabajo en la mitad de tiempo*, Nueva York, NY, USA: Crown Business, 2014, p. 5.
- [5] E. López, *Raspberry Pi. Fundamentos y aplicaciones*, Madrid, España: Ra-Ma, 2018, p. 26.
- [6] J. Núñez, *Arduino: Guía práctica para principiantes*, Barcelona, España: Marcombo, 2017, p. 12.
- [7] Apache.org, "Apache HTTP Server Project." [En línea]. Disponible en: <https://www.apache.org/>.
- [8] A. Silberschatz, H. F. Korth, y S. Sudarshan, *Fundamentos de Base de Datos*, 7ª ed., Nueva York, NY, USA: McGraw-Hill Education, 2019, p. 4.
- [9] P. Dubois, *MySQL*, 2ª ed., Sebastopol, CA, USA: O'Reilly Media, 2008, p. 7.
- [10] OpenHAB, "¿Qué es OpenHAB?," [En línea]. Disponible en: <https://www.openhab.org/docs/>. Accedido: [fecha de acceso].
- [11] OpenHAB, "MyOpenHAB," [En línea]. Disponible en: <https://myopenhab.org/>.

Sistema de coordinación de semáforos inteligentes con algoritmos de inteligencia artificial

Intelligent traffic light coordination system with artificial intelligence algorithms

Santiago San Miguel

sanmisanti@gmail.com

Ingeniería en Informática, Facultad de Ingeniería - Universidad Católica de Salta

Resumen

En este artículo se presenta un sistema de semáforos inteligentes basado en algoritmos de detección de vehículos y coordinación dinámica. El sistema utiliza el modelo YOLOv5 junto con OpenCV para la detección precisa de vehículos en tiempo real a fin de ajustar la coordinación de semáforos según la demanda de tráfico.

El sistema realiza una evaluación constante de los niveles de congestión en cada sentido de una intersección, al priorizar la reducción de los tiempos de espera de los conductores y la maximización del flujo de tráfico en toda la ciudad. Con el objetivo de lograr esta meta, el sistema emplea técnicas de reconocimiento de imágenes en tiempo real a fin de adaptar de manera dinámica la operación de los semáforos y así optimizar el flujo de vehículos, al contribuir a la mitigación de la congestión.

Palabras clave: aemáforo, inteligencia artificial, seguridad vial, YOLO, opencv, Python.

Abstract

This article presents an intelligent traffic light system based on vehicle detection algorithms and dynamic coordination. The system uses the YOLOv5 model in conjunction with OpenCV for accurate real-time vehicle detection and adjusts traffic light coordination according to traffic demand.

The system continuously evaluates congestion levels in each direction of an intersection, prioritizing the reduction of driver wait times and maximizing traffic flow throughout the city. In order to achieve this goal, the system employs real-time image recognition techniques to dynamically adapt traffic light operations, thereby optimizing vehicle flow and contributing to congestion mitigation.

Key words: traffic light, artificial intelligence, road safety, YOLO, Python

Introducción

Las rutas y las calles de una ciudad son la columna vertebral del tránsito y lo que permite el flujo y desplazamiento de sus habitantes. Sin embargo, por desgracia el tráfico y, en particular la congestión vehicular, conlleva una serie de desafíos que resultan en pérdida de tiempo y frustración para los conductores que buscan desplazarse de un punto a otro de manera eficiente. La necesidad de replantear la forma en que las personas conducen y de hallar soluciones más efectivas para abordar los problemas de tráfico se ha vuelto imperante.

Este proyecto se propone abordar estos desafíos a través de la implementación de técnicas de modelado. El objetivo primordial es la concepción y el desarrollo de una solución tecnológica que permita la identificación y el seguimiento de los vehículos presentes en las vías urbanas y la coordinación de cruces por medio de algoritmos basados en demanda. Este seguimiento se lleva a cabo mediante técnicas de reconocimiento de imágenes con el propósito de lograr una sincronización precisa de las operaciones de tráfico, reduciendo de manera significativa los tiempos muertos y los períodos de espera para los conductores. Se implementó un sistema basado en el modelo YOLOv5, que utiliza algoritmos de detección de objetos a fin de identificar vehículos en intersecciones urbanas. Esto permite la recopilación de datos precisos sobre el flujo de tráfico y la demanda en cada momento.

El sistema también incorpora un enfoque de coordinación dinámica de semáforos, al ajustar los ciclos en función de la demanda actual de tráfico. Esta coordinación se basa en datos en tiempo real y permite priorizar los sentidos de tráfico más congestionados.

Mediante la introducción de sistemas inteligentes de gestión del tráfico que utilizan la inteligencia artificial, se espera lograr una mejora considerable en las condiciones de tráfico. Esta investigación se llevó a cabo con el propósito de demostrar la efectividad y la eficiencia del sistema propuesto, sirviendo de modelo para futuras implementaciones de soluciones avanzadas de gestión del tráfico en entornos urbanos.

Al analizar proyectos previos de naturaleza similar, destaca el proyecto titulado "Diseño de un sistema de semaforización inteligente para controlar el flujo vehicular mediante procesamiento de imágenes," desarrollado por la Universidad Piloto de Colombia en el año 2020 [1]. El objetivo primordial consistió en la interpretación de datos visuales con el fin de modificar los patrones de funcionamiento de los semáforos, lo cual demostró ser factible y efectivo.

Por otra parte, un sistema adicional utiliza cámaras de vigilancia del tráfico con el objetivo de incrementar la seguridad en entornos urbanos. Estas cámaras permiten al personal encargado de la seguridad llevar a cabo un monitoreo continuo y en tiempo real de las vías, además de registrar secuencias de video que no solo mejoran la eficiencia de las operaciones, sino que también proporcionan evidencia en caso de eventos como accidentes o delitos. Según un estudio respaldado por el Instituto de Seguros para la Seguridad en las Carreteras (IIHS) [2], las intersecciones equipadas con cámaras han experimentado una notable disminución del 21 % en la probabilidad de ocurrencia de accidentes en comparación con aquellas que carecen de este sistema de vigilancia. Estos hallazgos subrayan el impacto positivo de la tecnología de vigilancia en la seguridad vial en zonas urbanas y proporcionan una base sólida para futuras implementaciones y desarrollos en este ámbito.

A partir de estas investigaciones y al reconocer la creciente importancia de la tecnología en la seguridad y en la vida moderna, se propone el desarrollo de un sistema de identificación y coordinación de semáforos que busca maximizar el flujo vehicular y la seguridad vial.

1. Marco teórico

1.1. Modelo YOLO

You Only Look Once (YOLO, por su sigla en inglés) es un modelo popular de detección de objetos y segmentación de imágenes. Joseph Redmon y Ali Farhadi lo desarrollaron en la Universidad de Washington [3]. Lanzado en 2015, YOLO ganó rápidamente popularidad debido a su alta velocidad y precisión.

La metodología YOLO ("solo miras una vez" en español), es una técnica de detección de objetos en imágenes y videos que se basa en una red neuronal convolucional (CNN, por su sigla en inglés) especializada en la tarea de detección de objetos en tiempo real. Joseph Redmon y Santosh Divvala la crearon y ha evolucionado a través de varias versiones, siendo YOLOv5 una de las más conocidas hasta la fecha. La principal característica distintiva de YOLO es el enfoque en la velocidad y la eficiencia, ya que es capaz de detectar objetos en una sola pasada a través de la imagen, a diferencia de enfoques anteriores que requerían múltiples pasadas.

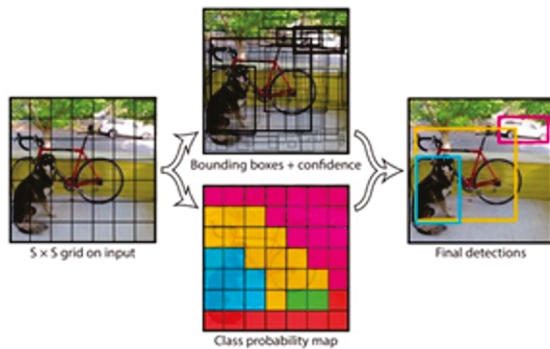


Figura 1: Detección de objetos en una sola pasada

1.2. Redes neuronales convolucionales

Las Redes Neuronales Convolucionales [4] son un tipo especializado de red neuronal artificial diseñada principalmente a fin de procesar datos que tienen una estructura de cuadrícula, como imágenes y videos. Las CNN son en extremo efectivas en tareas relacionadas con la visión por computadora, como la clasificación de imágenes o la detección de objetos.

La característica principal de una CNN es su capacidad para realizar convoluciones en los datos de entrada. Las convoluciones son operaciones matemáticas que permiten extraer características relevantes de una imagen al aplicar filtros o núcleos convolucionales en diferentes regiones de la imagen.

La arquitectura de una CNN suele seguir un patrón en el que las primeras capas aprenden características simples (como bordes), y las capas posteriores combinan estas características simples para identificar características más complejas y abstractas en las imágenes.

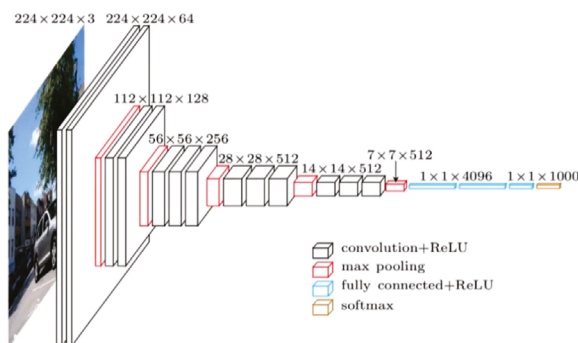


Figura 2: Arquitectura de una CNN

2. Desarrollo

A fin de garantizar un enfoque eficiente y efectivo en este contexto, se ha seleccionado la metodología evolutiva de prototipado.

La relevancia de aplicar esta metodología radica en la necesidad de contar con un enfoque

dinámico y flexible que permita enfrentar los desafíos inherentes a la combinación de disciplinas especializadas como el aprendizaje automático, el procesamiento de imágenes y el diseño de algoritmos de coordinación. Dado que rara vez es posible poseer un dominio absoluto en todas estas áreas, el enfoque por prototipado es un enfoque prudente que involucra iteraciones continuas, al permitir la incorporación progresiva de nuevos conocimientos, herramientas y técnicas a medida que se descubren.

La metodología del desarrollo evolutivo mediante prototipos posibilitará el abordaje gradual y sistemático de los desafíos planteados. A medida que se desarrollen soluciones funcionales de los algoritmos de detección y coordinación, estos podrán someterse a pruebas en un entorno controlado. Además, esta metodología facilita la transformación evolutiva de los prototipos a medida que se descubren y desarrollan nuevas capacidades y enfoques.

Es fundamental destacar que, al considerar que el objetivo central es la mejora de la eficiencia del tráfico y reducción de los accidentes viales, la capacidad de probar y validar conceptos clave antes de una implementación completa resulta esencial. El enfoque de prototipado y evaluación a lo largo del proceso contribuye a la reducción de la probabilidad de errores costosos y garantiza que el sistema final cumpla de manera efectiva con sus objetivos.

En el contexto del desarrollo del proyecto, se han identificado varios incrementos esenciales. Cada uno desempeña un papel crítico en la consecución de los objetivos del sistema de semaforización inteligente. Estos incrementos se presentan como etapas cruciales que se han diseñado para abordar los desafíos técnicos y conceptuales clave.

2.1. Incremento 1

En la fase inicial, se realizaron los análisis pertinentes para la gestión y planificación del proyecto. Se definieron el alcance y los objetivos fundamentales del sistema. Se llevaron a cabo investigaciones sobre tecnologías relevantes para la detección de vehículos mediante visión por computadora, así como la selección del lenguaje de programación adecuado a las necesidades del proyecto y la identificación de servicios y bibliotecas útiles.

Además, se establecieron las necesidades del sistema, como contar con una cámara disponible, un modelo de detección vehicular y un algoritmo de coordinación basado en demanda.

2.2. Incremento 2

En esta fase se llevó a cabo la obtención de imágenes que representan vehículos típicamente presentes en las calles de la ciudad de Salta. Este paso resulta esencial para la creación de modelos de detección de estas entidades, permitiendo la construcción de un sistema experto capaz de identificar estos objetos mediante el procesamiento de imágenes. Además, se efectuó un análisis exhaustivo de las imágenes adquiridas para garantizar el aprendizaje efectivo del modelo.

Una vez obtenidas las imágenes de entrenamiento, se realizaron las notaciones correspondientes para que el modelo aprenda los patrones relevantes, al registrar cinco atributos por cada detección realizada:

- » *class*: entero que representa la clase del objeto;
- » *x-center*: la coordenada en x de la caja de detección normalizada por el ancho de la imagen;
- » *y-center*: la coordenada en y de la caja de detección normalizada por el alto de la imagen;
- » *width*: ancho de la caja de detección;
- » *height*: alto de la caja de detección.



Figura 3: Clasificación por color de autos (azul) y camionetas (naranja)

A partir de este análisis, se obtuvieron las siguientes notaciones:

```
0 0.251415 0.265886 0.412736 0.430006
0 0.756722 0.238413 0.392689 0.413284
0 0.741391 0.768754 0.463443 0.456284
1 0.260259 0.773532 0.442217 0.441951
```

Figura 4: Notaciones obtenidas

2.3. Incremento 3

Durante esta etapa, se alimentó el sistema con las imágenes recopiladas en el segundo incremento. La creación de este modelo de detección se basó en el empleo del algoritmo *You Only*

Look Once. Este algoritmo se especializa en la detección de objetos en tiempo real, al emplear una única red neuronal convolucional con el fin de identificar objetos en imágenes. La implementación de este modelo constituye un pilar fundamental para el reconocimiento efectivo de vehículos en tiempo real.



Figura 5: Vehículos estáticos detectados por el modelo



Figura 6: Vehículos en movimiento detectados por el modelo

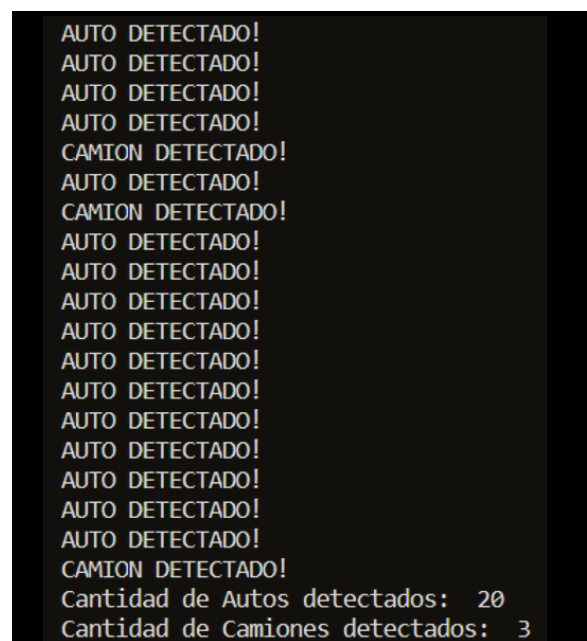


Figura 7: Resultados obtenidos de la detección

2.4. Incremento 4

En esta etapa se utilizó el modelo de detección en una situación vial real para detectar posibles falencias del modelo y hacer los ajustes necesarios.



Figura 8: Ejemplo del video analizado

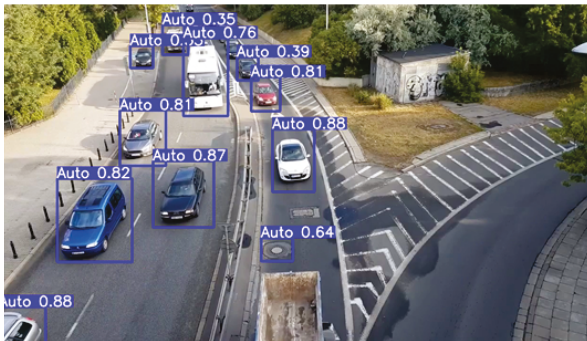


Figura 9: Video procesado

En el video procesado observamos que el modelo detecta camiones y otras entidades como autos o tapa de alcantarilla. Esto puede deberse a la falta de instancias de otras clases y la falta de un filtro de confianza, es decir, que solo detecte los objetos que cumplan con cierto nivel de *accuracy*, por ejemplo, del 70 %. Además, es necesario que el modelo no detecte solo a autos, ya que puede ser información valiosa saber si hay otros tipos de vehículos, como camiones.

Luego de ajustar el filtro de confianza y agregar más instancias del tipo “camión”:

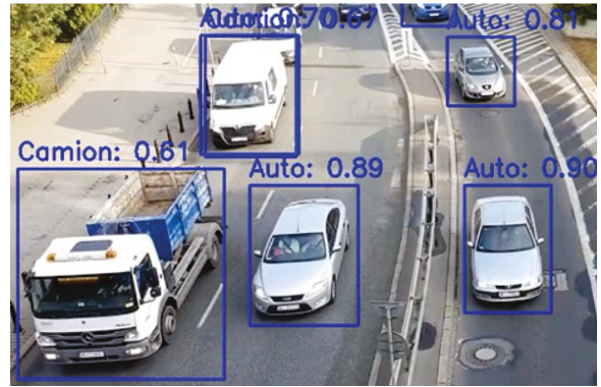


Figura 10: Ajuste del filtro

En esta detección se puede ver que el modelo ya no detecta la tapa de alcantarilla como entidad. Además, detecta a los camiones como tales en lugar de “autos”.

2.5. Incremento 5

En el quinto incremento, se abordó el desarrollo de un sistema que permitiera la generación aleatoria de entidades en dos instancias independientes. Este proceso simula la llegada de vehículos a una intersección, al considerar que la llegada de vehículos en dos calles es un proceso independiente y paralelo. Se diseñó un algoritmo específico para coordinar estas entidades con el propósito de maximizar el flujo vehicular y minimizar el tiempo de espera promedio. Con base en la cantidad de vehículos detectados en ambos sistemas, se calcula el tiempo necesario en cada intersección.

El algoritmo consta de dos procesos paralelos. Ambos procesos generan una cantidad aleatoria de entidades (entre una y cinco) cada un tiempo aleatorio (entre un y quince minutos). Según la cantidad de entidades generadas por cada proceso se otorgan las prioridades y se calcula el tiempo estimado necesario para que cada sentido se vacíe.

A partir de las detecciones obtenidas por el modelo, se utilizan como datos de entrada para el algoritmo de coordinación, suministrando datos sobre la presencia de vehículos en tiempo real. El algoritmo realiza la asignación óptima de prioridad en un semáforo específico, al indicar el tiempo ideal en el que el semáforo debe permanecer en estado “verde”.

Cada uno de estos incrementos se presenta como un paso crítico en el proceso de desarrollo del sistema de semaforización inteligente, juega un papel esencial en el logro de los objetivos de reducción de la congestión vehicular y mejora de la seguridad vial en la provincia de Salta.

4. Resultados

4.1. Modelo de detección

El modelo obtenido se puso en prueba mediante el análisis de un video obtenido desde el punto de vista de un semáforo a fin de comprobar la correcta detección de entidades viales por parte del modelo, a continuación, se muestran los reconocimientos hechos a lo largo del video.

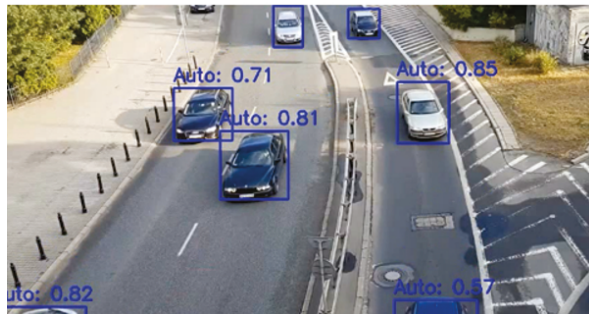


Figura 11: Análisis del video desde el punto de vista de un semáforo

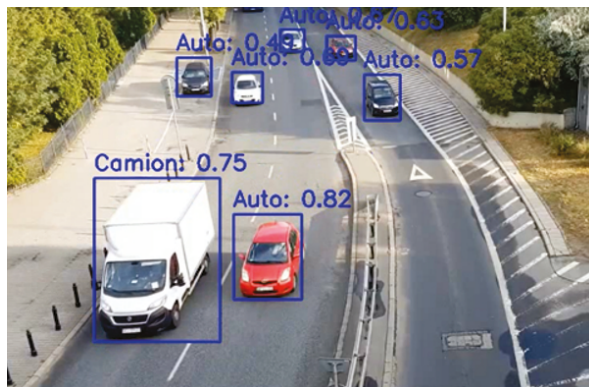


Figura 12: Análisis del video desde el punto de vista de un semáforo

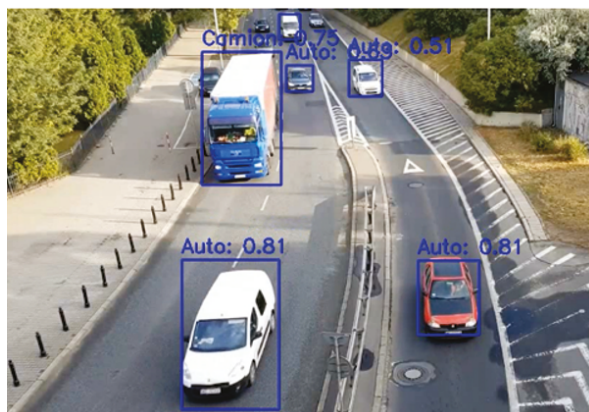


Figura 13: Detección correcta de autos y camiones

Se puede observar que el modelo detecta de forma correcta cada tipo de entidad (auto y camión) con buenos niveles de confianza y, además, no detecta entidades de manera errónea, como previamente lo hacía.

4.2. Algoritmo de coordinación

En cuanto a los datos obtenidos por el algoritmo de coordinación:

```

Autos en A: 5
Autos en B: 0
Semaforo en verde: A
Tiempo semáforo: 15 segundos
La hora actual es: 31:48
=====
Autos en A: 0
Autos en B: 3
Semaforo en verde: B
Tiempo semáforo: 9 segundos
La hora actual es: 32:03
=====
Autos en A: 2
Autos en B: 0
Semaforo en verde: A
Tiempo semáforo: 6 segundos
La hora actual es: 32:12
=====
Autos en A: 1
Autos en B: 0
Semaforo en verde: A
Tiempo semáforo: 3 segundos
La hora actual es: 32:29
=====
Autos en A: 0
Autos en B: 5
Semaforo en verde: B
Tiempo semáforo: 15 segundos
La hora actual es: 32:32
=====
  
```

Figura 14: Resultados obtenidos

En la Figura 14 se puede apreciar la demanda del semáforo. Se ve que este asigna prioridades de manera alternada durante las tres primeras iteraciones, pero en la cuarta vuelve a asignarle la prioridad a "A", ya que no hay autos en la dirección "B".

Además, se puede ver la se da en la asignación de tiempos variables sobre los semáforos por tiempos fijos, el algoritmo calcula el tiempo necesario para vaciar de autos un sentido y le asigna ese tiempo en verde. Una vez que finaliza este tiempo vuelve a verificar cuál es la necesidad de cada sentido y a calcular las prioridades.

5. Conclusión

El uso del modelo YOLOv5, junto con OpenCV, ha demostrado ser altamente eficaz en la detección precisa de vehículos en tiempo real, lo que permite una coordinación dinámica de los semáforos según la demanda actual del tráfico y, en consecuencia, una reducción significativa de la congestión vehicular. Los resultados obtenidos en entornos controlados muestran un gran potencial para su implementación en escenarios urbanos reales, donde estos sistemas pueden adaptarse y escalarse a fin de ofrecer soluciones efectivas y sostenibles en la gestión del tráfico en ciudades en crecimiento. Además, la evolución continua de la tecnología y los algoritmos de detección sugieren que estos sistemas no solo mejorarán la eficiencia del tráfico a corto plazo, sino que también contribuirán al desarrollo de futuras soluciones avanzadas para la gestión del tráfico urbano.

Referencias

- [1] A. M. Monterrey Cañas, C. A. Sosa Ramírez, y M. A. Jinete Gómez, "Diseño de un sistema de semaforización inteligente para controlar flujo vehicular a partir de procesamiento de imágenes," 2020.
- [2] W. Hu y J. B. Cicchino, "Effects of Turning on and off Red-light Cameras on Fatal Crashes in Large U.S. Cities," *Journal of Safety Research*, vol. 61, pp. 141–148, 2017.
- [3] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, y A. Farhadi, "You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection," en *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, vol. 2016-December, pp. 779–788, 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2016.91>.
- [4] K. O'Shea y R. Nash, "An Introduction to Convolutional Neural Networks," *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, vol. 10, no. 12, pp. 943–947, 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.22214/ijraset.2022.47789>.

Síntesis de texto usando modelos del lenguaje

Text synthesis using language models

Alejo Torres

atorres686@ucasal.edu.ar

Ingeniería en Informática, Facultad de Ingeniería, UCASAL

Resumen

Este artículo presenta un proyecto orientado a explotar las capacidades inherentes de los modelos de inteligencia artificial enfocados en el procesamiento del lenguaje natural con el objetivo final de sintetizar información contenida en grandes volúmenes de texto. El enfoque de este puesto es desarrollar un flujo de inferencia que permita al usuario generar resúmenes a partir de documentos de texto, al exponerlo como un servicio web para luego ser consumido por una interfaz intuitiva que se adapte a los dispositivos más populares y de uso común.

Palabras clave: *machine learning, síntesis de texto, large language models, transformer.*

Abstract

This article presents a project aimed at leveraging the inherent capabilities of artificial intelligence models focused on natural language processing, striving to perfect a method to synthesize information contained in large volumes of text. It is focused on developing an inference pipeline that allows the user to generate summaries from a text corpus, exposing it as a web service for consumption through an intuitive interface that adapts to the most popular and commonly used devices.

Key words: machine learning, text synthesis, large language models, transformer

Introducción

Los modelos de inteligencia artificial enfocados a la generación de contenido, también llamados inteligencias artificiales generativas, sin duda alguna han revolucionado el paradigma de trabajo de sectores completos. La tecnología es un hecho y existen numerosos productos y servicios que integran su potencial. Los *large language models* (LLM, por su sigla en inglés) o grandes modelos de lenguaje, que generan contenido del tipo *text-to-text*, son el motor que impulsa numerosas aplicaciones de tendencia actual. *Chat-Bots*, asistentes virtuales y motores de búsqueda personalizados son algunos ejemplos de estos. Sin embargo, los LLM comprenden una potente herramienta para el tratamiento de la información. Al ser capaces de procesar lenguaje natural, es posible utilizar estos modelos generalistas en tareas de extracción y síntesis de contenido.

Hemos visto el surgimiento de *startups* tecnológicas basadas por completo en esta esfera de conocimiento, generando aún más especulación y entusiasmo por el alcance que pueden lograr los productos y servicios que integran de manera exitosa las virtudes de la inteligencia artificial. [1]

Un área interesante para explotar es la del tratamiento de información de manera automática, al aprovechar las capacidades de procesamiento del lenguaje natural que brindan los grandes modelos de lenguaje. La capacidad de condensar la información relevante es fundamental para un correcto proceso de estudio sobre cualquier tema.

En una era en la cual la información abunda y contamos con acceso casi instantáneo a grandes volúmenes de datos, la capacidad de síntesis se vuelve aún más importante.

La iniciativa de abordar este tema surge gracias a la oportunidad que me fue brindada por la Universidad Católica de Salta en conjunto con la Universidad Politécnica de Madrid. Donde pasé un semestre cursando las asignaturas de Sistemas Inteligentes, Aprendizaje Automático II y Minería de Datos, las cuales las dictaban los profesores Alberto Díaz Álvarez y el Dr. Francisco Serradilla García. Sus excelentes cátedras me sirvieron a modo de introducción y pude adquirir las bases necesarias para continuar el aprendizaje de forma autónoma. Debido a esa experiencia decidí inclinarme por las IA generativas, en específico aquellos modelos basados en la arquitectura *transformer*.

Durante este proceso de investigación y de asimilación de conocimientos se despertó en mí la curiosidad por el desarrollo de aplicaciones

que utilicen estas tecnologías a su favor. Así fue como pude tomar noción del alcance real que se puede lograr si se utilizan estas técnicas a fin de agilizar y modernizar los procesos de enseñanza y estudio. El objetivo final de esta herramienta es facilitar la asimilación de conocimiento, tanto para personas involucradas en tareas de investigación como estudiantes de cualquier nivel.

1. Desarrollo

1.1. Introducción

El trabajo implica, en primera instancia, una investigación y familiarización con las técnicas y tecnologías involucradas, como lo son la arquitectura *transformer*, la cual puede definirse como una red neuronal que aprende contexto y, por lo tanto, también significado, mediante el seguimiento de relaciones en datos secuenciales, como las palabras de esta oración [2]. Esta arquitectura de red neuronal funciona como piedra angular para los LLM.

Además, se aborda la revisión de librerías, proyectos y estudios relacionados con el procesamiento del lenguaje natural, cuyas siglas en inglés son NLP; técnicas de *clustering* y *machine learning*, al desglosar los conceptos hasta el punto que puedan comprenderse y utilizarse para la construcción del *software* de síntesis de texto.

Se trabaja también en el diseño de la arquitectura de los servicios de inferencia del sistema, donde se integrarán todas estas herramientas para lograr el objetivo del *software*. Sobre este diseño se evaluará su rendimiento a través de la generación de resúmenes de temas específicos que luego serán evaluados por profesionales en la materia. Gracias a esto se podrá perfeccionar las directivas y los parámetros de los modelos.

La metodología que se utilizará en el proyecto es la de desarrollo en cascada [3]. La elección de esta metodología se debe a que, en primer lugar, el desarrollo completo del proyecto lo llevará a cabo una sola persona, por lo que se opta por un modelo que simplifique el trabajo y no esté orientado a la intercomunicación de diferentes equipos. Además, es importante aclarar que para el desarrollo de aplicaciones y modelos de IA resulta útil una flexibilidad que puede no encajar en marcos metodológicos convencionales. Sin embargo, en este caso particular se optó por la tercerización de los servicios de inferencia, por lo que es posible ajustarse a un modelo más clásico de desarrollo de *software*.

El modelo en cascada es uno de los enfoques más antiguos y tradicionales para la gestión de proyectos de desarrollo de *software* y se caracteriza por su enfoque lineal y secuencial en el que

cada fase debe completarse antes de que pueda comenzar la siguiente.

1.2. Objetivo

En cuanto al desarrollo del sistema, el objetivo es analizar, diseñar y construir un prototipo de aplicación que permita resumir el texto de un archivo PDF con una extensión que no supere las 300 páginas, al utilizar modelos del lenguaje.

En la actualidad, existen herramientas disponibles para realizar resúmenes de texto que aplican técnicas que no necesariamente involucran en su totalidad a la inteligencia artificial, pero sí son consideradas técnicas de *machine learning* y NLP. Entre ellas podemos nombrar al método LSA (*latent semantic analysis*, en inglés), el cual utiliza técnicas de reducción de dimensionalidad a fin de encontrar relaciones semánticas entre palabras y frases en un texto. Luego, selecciona las frases más significativas para formar el resumen, los algoritmos de *ranking* de oraciones, los cuales se basan en asignar puntajes a cada oración en función de su importancia dentro del texto. Posteriormente, escoge las oraciones con los puntajes más altos para construir el resumen. Los algoritmos de agrupamiento de texto consisten en conformar agrupaciones con las frases o párrafos similares en temas y seleccionar representantes de cada grupo como parte del resumen. El uso de estructuras gramaticales donde se identifica la estructura gramatical del texto, como encabezados, subencabezados y listas numeradas, se utilizan con el objetivo de crear un resumen estructurado.

Las herramientas que incorporan las ventajas que el *deep learning* junto con los LLM son producto de la creciente popularidad de esta tecnología y, por lo tanto, son relativamente nuevas. Gracias a la naturaleza de estos modelos y su capacidad de simular el lenguaje humano, los resultados tienden a ser de mejor calidad, al mostrar una mayor atención en los detalles y en el contexto del cual se extrae el texto a resumir. Esto establece a los sintetizadores de texto basados en modelos del lenguaje como una fuerte alternativa, que además aporta una fácil incorporación en aplicaciones web ya existentes debido a la flexibilidad que brindan los marcos de trabajo que giran en torno a esta temática.

Teniendo en cuenta esto, se identifican los requisitos clave que debe cumplir el prototipo del sistema.

El sistema debe permitir al usuario seleccionar un archivo solo en formato PDF, desde el sistema de archivos de su computadora.

- » El sistema debe poder procesar y extraer todo el texto del archivo.
- » El sistema debe permitir al usuario modificar los hiperparámetros involucrados en el proceso de inferencia y síntesis del texto.
- » El sistema debe presentar el resumen al usuario como un archivo en formato PDF.
- » El sistema debe informar de manera clara y en un lenguaje comprensible las excepciones en el flujo de inferencia causadas por terceros o mala configuración de los hiperparámetros.
- » El sistema debe ser accesible tanto en computadoras como en dispositivos móviles.

1.3. Tecnologías involucradas

Gracias a la comunidad de desarrollo de código abierto y al gran interés que gira en torno a este campo de estudio, existen marcos de trabajo y librerías capaces de facilitar las tareas de desarrollo brindando abstracciones robustas y extensibles que resuelven en gran medida la mayoría de los aspectos engorrosos de construir aplicaciones impulsadas por la inteligencia artificial. Entre ellas podemos destacar:

- » *Large Language Model*: La pieza fundamental del sistema, que se encarga de realizar la síntesis del texto y todas las tareas de inferencia necesarias a fin de lograr un resumen total y adecuado, tanto en contexto como en semántica. El tamaño de estos modelos hace que su ejecución requiera de mucho poder computacional y recursos de *hardware*, por lo que la solución más factible para alcanzar la mejor calidad posible en los resúmenes a realizar es optar por un servicio de inferencia para tercerizar el poder de procesamiento necesario. [4]
- » Langchain: Es una poderosa librería con implementaciones en Python y Javascript, que cuenta con abstracciones a fin de facilitar la implementación de aplicaciones impulsadas por IA, introduce el concepto de cadenas o *chains* que permiten agrupar los elementos involucrados sobre la inferencia del modelo, personalizar parámetros, directivas e incluso el propio motor de inferencia, generando así una interfaz común que brinda soporte para los clientes específicos de cada uno de los servicios de inferencia más populares como lo son OpenAI, StreamLit, HuggingFace etc. [5]
- » SkLearn: scikit-learn, también conocido como sklearn, es una de las bibliotecas de aprendizaje automático más populares y ampliamente utilizadas en el lenguaje de programación Python. Esta biblioteca proporciona herramientas eficientes y fáciles de usar para

llevar a cabo tareas relacionadas con el aprendizaje automático, como la clasificación, la regresión, el agrupamiento, la reducción de dimensionalidad y demás algoritmos de *machine learning*. [6]

- » FastAPI: Es un marco de desarrollo web de alto rendimiento y fácil de usar que se utiliza para crear aplicaciones web y API. Fue di-

señado para ayudar a los desarrolladores a construir aplicaciones rápidas y escalables con una sintaxis clara y una documentación automática. Gracias al tipado estático aprovecha el poder de librerías de modelado de datos como Pydantic y posee una serie de *middlewares* que facilitan la construcción de funcionalidades web.[7]

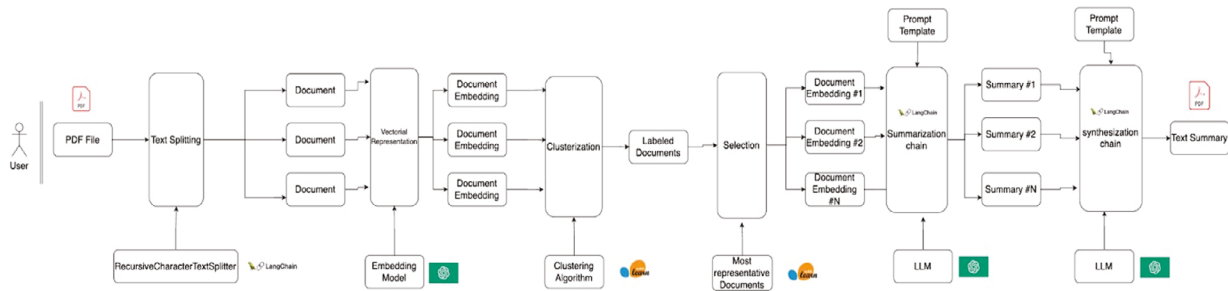


Figura 1: Diagrama de flujo del prototipo para la aplicación de síntesis de texto

- » ReactJS: Es una biblioteca de JavaScript de código abierto, que se utiliza con el objetivo de construir interfaces de usuario interactivas y dinámicas en aplicaciones web. Desarrollada y mantenida por Facebook, React se ha convertido en una de las herramientas más populares en el desarrollo web moderno debido a su enfoque en la construcción eficiente y modular de componentes reutilizables. En lugar de abordar la creación de una aplicación web como un conjunto de páginas separadas, React se centra en la creación de componentes autónomos y encapsulados de manera individual. Estos componentes pueden ser pequeñas piezas de la interfaz de usuario, como botones, formularios o elementos más grandes, tales como encabezados y paneles de navegación. Cada componente puede tener su propia lógica y estado interno, lo que facilita la gestión y la reutilización en diferentes partes de la aplicación.

1.4. Análisis y diseño del prototipo

A continuación, se muestra un diagrama del flujo de trabajo del prototipo para la aplicación de síntesis de texto junto con las diferentes tecnologías y herramientas involucradas.

El flujo puede explicarse de la siguiente manera: Partiendo de un archivo provisionado por el usuario, se procederá a leer y extraer el texto plano del mismo. El proceso de validar la petición, la manipulación y la extracción del contenido del archivo PDF establece el *data pipeline*, que resulta en un corpus de texto manejable por las

demás partes del sistema. Este luego se divide en fragmentos manejables denominados “Documentos”, al utilizar la implementación de Langchain llamada *RecursiveCharacterTextSplitter*, la cual permite dividir el texto con cierto solapamiento entre las piezas a fin de conservar parte del contexto y la continuidad del contenido. El siguiente paso es obtener una representación en un espacio vectorial denso al utilizar un modelo de *embeddings* [8], en este caso se utilizó servicios de terceros a través de la API de OpenAI [9]. Al implementar esta representación se aplicó un proceso de clusterización [10], al definir un algoritmo de agrupamiento gracias a la librería de SKLearn. Una vez realizadas las agrupaciones, se seleccionaron aquellos Documentos, una abstracción implementada por Langchain con el objetivo de manejar fragmentos de texto más representativos de cada agrupación. Al utilizar estos documentos generamos un resumen individual de cada uno de los documentos seleccionados, con la ayuda de un modelo de lenguaje y a través de la abstracción *chains* provista por el *framework* de Langchain. Una vez obtenidos estos resúmenes, es posible combinarlos para generar el resumen final al utilizar la cadena de síntesis.

1.5. Desarrollo del prototipo

El desarrollo del prototipo explicado en el apartado anterior se realizó al crear un entorno virtual del lenguaje de programación Python en su versión 3.11. Gracias a la herramienta Jupyter Notebooks, la cual nos permite prototipar y ex-

plorar soluciones de manera dinámica, ya que permite ejecutar código Python en formato de celdas, compartiendo la misma sesión del kernel y acompañándolo con celdas especiales a modo de documentación en formato Markdown. Se comenzó por poner en práctica diferentes téc-

nicas de síntesis de texto en diferentes problemas, variando el tamaño del corpus de texto y la complejidad requerida del resumen, hasta llegar a la solución final. A continuación, se muestran imágenes de cada uno de los bloques de código, correspondientes a la solución final.

Sintetizar textos completos usando clustering

En el método anterior pasamos todos los tokens al modelo, ya que su capacidad lo permitía, ahora que sucede si tenemos un texto mas largo? Necesitamos encontrar una forma que nos permita identificar los párrafos mas importantes y los conceptos claves que formaran parte de la directiva para crear el resumen Usaremos el libro [Into Thin Air](#) acerca del accidente de 1996 en el Everest

```

1 from langchain.document_loaders import PyPDFLoader
2
3 # Load the book
4 loader = PyPDFLoader("../data/IntoThinAirBook.pdf")
5 pages = loader.load()
6
7 # Cut out the open and closing parts
8 pages = pages[26:277]
9
10 # Combine the pages, and replace the tabs with spaces
11 text = ""
12
13 for page in pages:
14     text += page.page_content
15
16 text = text.replace('\t', ' ')

```

Figura 2: Fragmento de código I

```

1 num_tokens = llm.get_num_tokens(text)
2
3 print (f"This book has {num_tokens} tokens in it")

```

This book has 139472 tokens in it

Lo que haremos sera, dividir el texto en documentos manejables, luego obtendremos los vectores de cada documento a través de un modelo de embeddings y los agruparemos en clusters. Luego seleccionaremos los documentos que representen mejor a cada cluster obteniendo aquellos que estén mas cercanos a cada uno de los respectivos centroides y finalmente crearemos un resumen con esos documentos. Las etapas del proceso son las siguientes:

1. Cargar el libro en un único archivo de texto
2. Separar el texto en documentos manejables
3. Obtener los vectores de cada documento a través de un modelo de embeddings
4. Agrupar los vectores en clusters para identificar los conceptos clave
5. Obtener los documentos mas cercanos a cada uno de los centroides
6. Crear un resumen con los documentos seleccionados

Figura 3: Fragmento de código II

```

1 # Loaders
2 from langchain.schema import Document
3
4 # Splitters
5 from langchain.text_splitter import RecursiveCharacterTextSplitter
6
7 # Model
8 from langchain.chat_models import ChatOpenAI
9
10 # Embedding Support
11 from langchain.vectorstores import FAISS
12 from langchain.embeddings import OpenAIEmbeddings
13
14 # Summarizer we'll use for Map Reduce
15 from langchain.chains.summarize import load_summarize_chain
16
17 # Data Science
18 import numpy as np
19 from sklearn.cluster import KMeans

```



```

1 text_splitter = RecursiveCharacterTextSplitter(separators=["\n\n", "\n", "\t"],
2 chunk_size=10000, chunk_overlap=3000)
3 docs = text_splitter.create_documents([text])

```

Figura 4: Fragmento de código III

```

1 text_splitter = RecursiveCharacterTextSplitter(separators=["\n\n", "\n", "\t"],
2 chunk_size=10000, chunk_overlap=3000)
3 docs = text_splitter.create_documents([text])

```



```

1 num_documents = len(docs)
2
3 print(f'Now our book is split up into {num_documents} documents')

```

Now our book is split up into 78 documents

Obtenemos las representaciones vectoriales de estos 78 documentos

```

1 embeddings = OpenAIEmbeddings(openai_api_key=openai_api_key)
2
3 vectors = embeddings.embed_documents([x.page_content for x in docs])

```

Para agrupar los documentos usaremos el algoritmo de KMedias

```

1 num_clusters = 11
2
3 # Perform K-means clustering
4 kmeans = KMeans(n_clusters=num_clusters, random_state=42).fit(vectors)

```

Figura 5: Fragmento de código VI

visualizamos las las agrupaciones formadas

```

1 kmeans.labels_

```

```

Out[40]:
array([ 2,  2,  2,  2,  2,  2,  6,  9,  9,  4,  4,  4,  4,  9,  9,  9,  9,
        4,  4,  4,  4,  9,  9,  5,  4,  0,  0,  0,  5,  5,  5,  9,  9,  3,
        3,  9,  3,  3,  3,  3,  3,  9,  9,  9,  3,  3,  3,  3,  7,  7,  7,
        7,  7,  6,  6,  6,  6,  6,  6,  9,  1,  1,  3,  4,  4,  1,  1,  1,
        1,  9, 10, 10, 10,  8,  8,  8,  8,  8], dtype=int32)

```

Figura 6: Fragmento de código V

Vamos a realizar una reducción de la dimensionalidad de estos vectores para poder visualizarlos en un plano 2D

```
1 from sklearn.manifold import TSNE
2 import matplotlib.pyplot as plt
3
4 # Taking out the warnings
5 import warnings
6 from warnings import simplefilter
7
8 # Filter out FutureWarnings
9 simplefilter(action='ignore', category=FutureWarning)
10
11 # Perform t-SNE and reduce to 2 dimensions
12 tsne = TSNE(n_components=2, random_state=42)
13 reduced_data_tsne = tsne.fit_transform(vectors)
14
15 # Plot the reduced data
16 plt.scatter(reduced_data_tsne[:, 0], reduced_data_tsne[:, 1], c=kmeans.labels_)
17 plt.xlabel('Dimension 1')
18 plt.ylabel('Dimension 2')
19 plt.title('Book Embeddings Clustered')
20 plt.show()
```

Figura 7: Fragmento de código VI

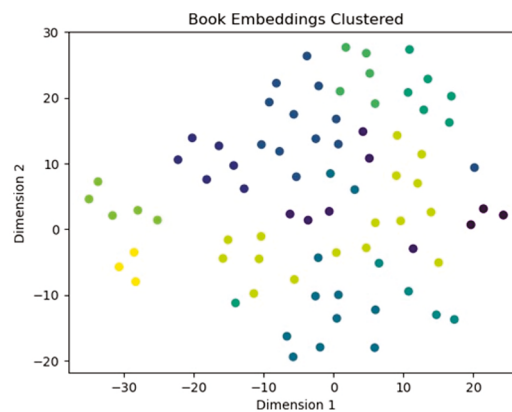


Figura 8: Visualización del clúster de embeddings

Podemos observar algunas agrupaciones claras

El siguiente paso es obtener aquellos documentos mas representativos de cada cluster

```
>
1 closest_indices = []
2
3 # Loop through the number of clusters you have
4 for i in range(num_clusters):
5
6     # Get the list of distances from that particular cluster center
7     distances = np.linalg.norm(vectors - kmeans.cluster_centers_[i], axis=1)
8
9     # Find the list position of the closest one (using argmin to find the
10    # smallest distance)
11    closest_index = np.argmin(distances)
12
13    # Append that position to your closest indices list
14    closest_indices.append(closest_index)
```

Figura 9: Fragmento de código VII

ahora debemos ordenarlos para evitar perder el orden del texto original

```

1 selected_indices = sorted(closest_indices)
2 selected_indices

```

[44] MagicPython

```

''' [0, 12, 26, 29, 39, 41, 51, 54, 65, 71, 75]

```

Lo que haremos a continuación será resumir cada uno de los documentos seleccionados, para luego combinarlos y obtener el resumen final

```

1 llm3 = ChatOpenAI(temperature=0,
2         openai_api_key=openai_api_key,
3         max_tokens=1000,
4         model='gpt-3.5-turbo'
5     )

```

[45] MagicPython

Figura 10: Fragmento de código VIII

```

1 map_prompt = """
2 You will be given a single passage of a book. This section will be enclosed in
3 triple backticks (````)
4 Your goal is to give a summary of this section so that a reader will have a
5 full understanding of what happened.
6 Your response should be at least three paragraphs and fully encompass what was
7 said in the passage.
8 ```${text}```
9 FULL SUMMARY:
10 """
11 map_prompt_template = PromptTemplate(template=map_prompt, input_variables=
12     ["text"])

```

[46] MagicPython

```

1 map_chain = load_summarize_chain(llm=llm3,
2     chain_type="stuff",
3     prompt=map_prompt_template)

```

[48] MagicPython

obtenemos los documentos en base a los índices seleccionados

```

1 selected_docs = [docs[doc] for doc in selected_indices]

```

[49] MagicPython

Figura 11: Fragmento de código IX

iteramos sobre ellos y almacenamos los resúmenes individuales en una lista

```

1 summary_list = []
2
3 # Loop through a range of the lenght of your selected docs
4 for i, doc in enumerate(selected_docs):
5
6     # Go get a summary of the chunk
7     chunk_summary = map_chain.run([doc])
8
9     # Append that summary to your list
10    summary_list.append(chunk_summary)
11
12    print (f"Summary #{i} (chunk #{selected_indices[i]}) - Preview:
13        {chunk_summary[:250]} \n")

```

MagicPython

Figura 12: Fragmento de código X

```
concatenamos los resúmenes en orden

1 summaries = "\n".join(summary_list)
2
3 # Convert it back to a document
4 summaries = Document(page_content=summaries)
5
6 print (f"Your total summary has {llm.get_num_tokens(summaries.page_content)}
    tokens")

[51]
... Your total summary has 4002 tokens
```

Figura 13: Fragmento de código XI

```
1 llm4 = ChatOpenAI(temperature=0,
2                 openai_api_key=openai_api_key,
3                 max_tokens=3000,
4                 model='gpt-4',
5                 request_timeout=120
6                 )

1 combine_prompt = """
2 You will be given a series of summaries from a book. The summaries will be
3 enclosed in triple backticks (```)
4 Your goal is to give a verbose summary of what happened in the story.
5 The reader should be able to grasp what happened in the book.
6 ```{text}```
7 VERBOSE SUMMARY:
8 """
9 combine_prompt_template = PromptTemplate(template=combine_prompt,
    input_variables=["text"])

1 reduce_chain = load_summarize_chain(llm=llm4,
2                                     chain_type="stuff",
3                                     prompt=combine_prompt_template,
4                                     # verbose=True # Set this to true if you want to
5                                     # see the inner workings
6                                     )
```

Figura 14: Fragmento de código XII

1.6. Desarrollo de la interfaz de usuario

A continuación, se muestran capturas del prototipo de la interfaz web de usuario, construida utilizando la librería de desarrollo web *ReactJs*, la cual también cuenta con un modo *responsive* para adaptarse a cualquier tamaño de pantalla del dispositivo.

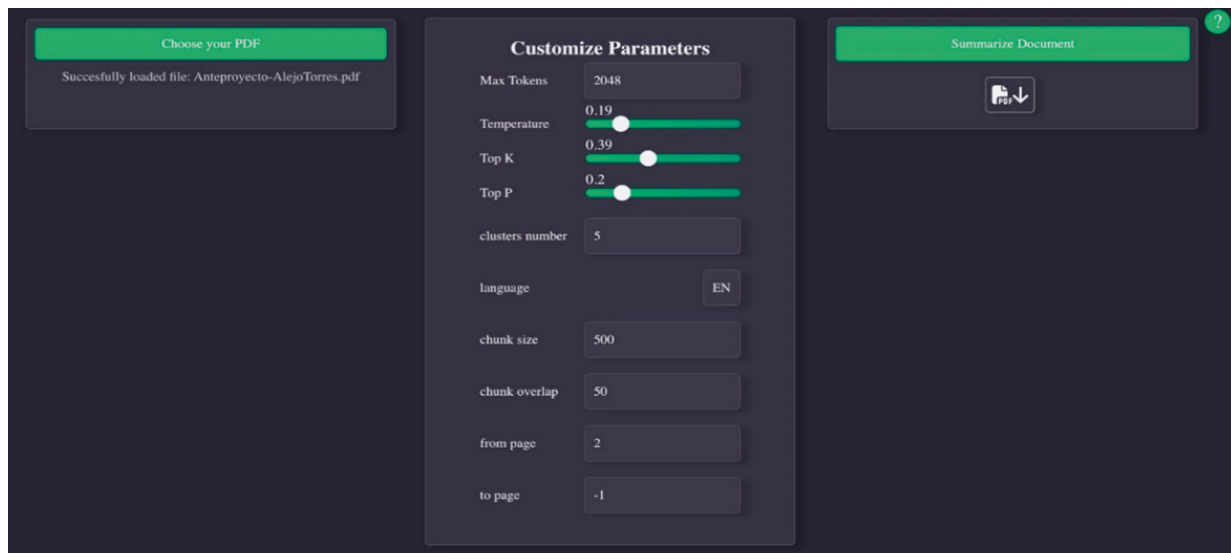


Figura 15: Interfaz de usuario I

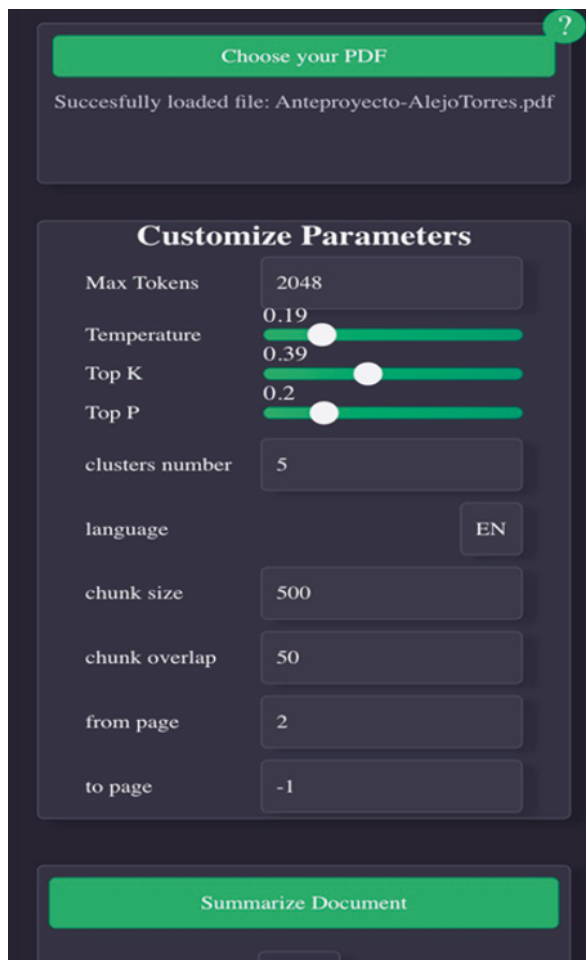


Figura 16: Interfaz de usuario II

2. Resultados

Se detalla una prueba realizada sobre el sistema en un ambiente preproductivo, el mismo puede explicarse mediante el siguiente diagrama, en el cual se tomaron los servicios desarrollados en el prototipo a fin de construir una API web que expone el flujo de inferencia a través del protocolo de comunicación HTTP.

La prueba se realizó utilizando el libro “Into the Air” [13] de alrededor de 350 páginas:

“In this story, the author recounts their experience as part of a New Zealand-based team attempting to summit Mount Everest on May 10, 1996. Despite months of anticipation, the author finds themselves unable to fully appreciate the achievement due to extreme exhaustion, lack of sleep, and the effects of high altitude. After a brief moment at the summit, the author begins their descent, encountering a traffic jam of climbers from multiple expeditions. The author’s oxygen tank runs out, forcing them to navigate dangerous terrain without supplemental oxygen. Unbeknownst to the climbers, a disaster is about to unfold, resulting in the deaths of eight climbers, including two of the author’s teammates.

The story also highlights the challenges and dangers of high- altitude mountaineering, as well as the importance of teamwork and respect for local cultures and customs. The author and their team face various obstacles, including altitude sickness, treacherous terrain, and the reliance on Sherpas, who work incredibly hard for little pay. The author emphasizes the need to show gratitude and respect to the Sherpas, who are essential to the success of the climbers.

Throughout the story, the author describes various events and challenges faced by the

climbers, including medical emergencies, the importance of proper acclimatization, and the difficulties of providing medical care in a remote, high-altitude environment. The author also discusses the cultural differences between Western climbers and Sherpas, who are often reluctant to acknowledge physical infirmities due to an element of machismo in their culture.

As the climbers continue their ascent, they face physical and mental challenges, as well as the individualistic nature of the climb. The author emphasizes the importance of timing and weather conditions in determining the success of a summit assault. The story also touches on the controversy surrounding the author's book, 'Into

Thin Air,' and its portrayal of Anatoli Boukreev, a professional climbing guide involved in the 1996 Everest disaster.

In the aftermath of the tragedy, the author reflects on the emotional impact, including survivor's guilt and the grief of the families and loved ones of the deceased. The author also considers the role of hubris in the disaster and questions their own actions during the storm. The story highlights the complex emotions and difficult questions that arise in the wake of such a devastating event, as well as the contentious nature of reporting on a tragedy and the importance of accuracy and thorough research in journalism."

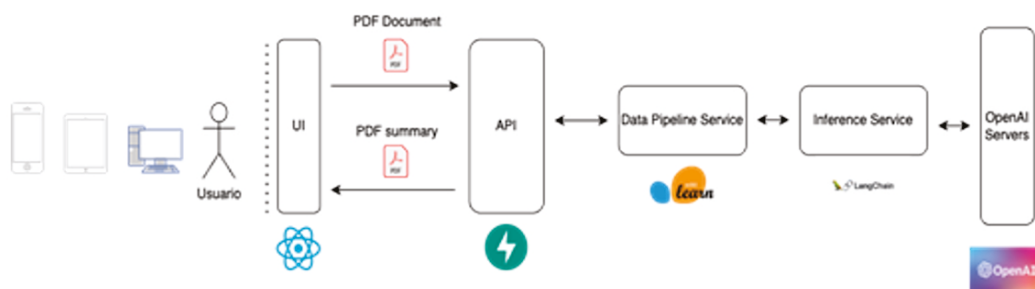


Figura 17: Diagrama del sistema

3. Conclusiones

"Inteligencia artificial", "modelos generativos" y "ChatGPT" son palabras tendencia que están en la boca de todo el mundo hoy en día. Tanto en usuarios con formación técnica, como aquellos quienes aprovechan las ventajas de esta tecnología sin preocuparse realmente por su trasfondo. A través de este trabajo es posible darse cuenta que la tecnología ya es un hecho y son numerosas las aristas sobre las cuales puede aplicarse. En el campo del procesamiento del lenguaje natural, los modelos del lenguaje y su arquitectura inherente demuestran ser uno de los avances del *deep learning* con más potencial para ser explotados, al ser su uso en el tratamiento automático de la información uno de los tantos campos para explorar que brinda resultados más que satisfactorios.

4. Antecedentes relacionados

El problema de la síntesis de texto es un desafío importante en el campo del procesamiento del lenguaje natural y el aprendizaje profundo. Antes de la aparición de las técnicas de *deep learning*, la generación de texto, ya que el proble-

ma en sí se basa en generar un resumen, estaba impulsada principalmente por enfoques basados en reglas y modelos de lenguaje estadísticos. Sin embargo, la llegada del *deep learning* revolucionó la forma en que se aborda este problema, permitiendo generar un texto más coherente y contextualmente relevante.

Hoy en día la tendencia está en el uso de LLM. Existe una gran variedad de modelos del tipo *open source* con *fine-tunings* que realiza la comunidad con esta tarea en mente, los mismos pueden encontrarse en el portal de Hugging Face y pueden utilizarse a través de la librería *transformer*. Sin embargo la usabilidad de estos modelos se ve limitada por el *hardware* en el que se ejecutan. Por lo tanto, es casi imposible alcanzar las velocidades y rendimiento de servicios *freemium* de inferencia al utilizar *hardware* de grado de consumidor final. Si bien es cierto que técnicas como la cuantización de los modelos o la ejecución de estos a través del protocolo de Petals se acerca un poco más, todavía resulta una tarea ardua para este tipo de *hardware*.

Referencias

- [1] M. Law. "Top 10: Promising AI Startups in 2022". 2022. [En línea] Disponible en <https://aimagazine.com/articles/top-10-promising-ai-startups-in-2022>
- [2] R. Merrit. "¿Qué es un modelo *transformer*?". Blog de NVIDIA. *Blog oficial de NVIDIA Latino América*. 2022. [En línea] Disponible en <https://la.blogs.nvidia.com/2022/04/19/que-es-un-modelo-transformer/>
- [3] C. I. Rivas, V. P. Corona, J. F. Gutiérrez, L. Hernández. "Metodologías actuales de desarrollo de *software*". *Revista de Tecnología e Innovación*. 2015.
- [4] A. Álvarez Días. "Procesamiento de lenguaje natural (NLP). Departamento de Sistemas Informáticos". *Universidad Politécnica de Madrid*. 2023.
- [5] LangChain, v.0.0.1, LangChain Inc., San Francisco, CA, USA, 2023. [En línea] Disponible en: <https://www.langchain.com/>. [Accedido: 24 de octubre de 2023].
- [6] "scikit-learn: Machine Learning in Python — scikit-learn 1.3.2 Documentation," scikit-learn, 2023. [En línea] Disponible en: <https://scikit-learn.org/stable>. [Accedido: 24 de octubre de 2023].
- [7] "FastAPI," [En línea]. Disponible en: <https://fastapi.tiangolo.com/>. [Accedido: 24 de octubre de 2023].

Asistente de concentración impulsado por Inteligencia Artificial para estudiantes universitarios

Artificial intelligence-powered concentration assistant for university students

Gonzalo Guaimas

gonzaloguaimas@gmail.com

Ingeniería en Informática, Facultad de Ingeniería, UCASAL

Resumen

En los últimos años, se observó un fenómeno preocupante entre los jóvenes. Las redes sociales han emergido como una actividad de ocio significativa o mejor dicho de distracción, en particular cuando se trata del momento de estudio de alumnos universitarios. La constante revisión de notificaciones y la búsqueda de actualizaciones se asemejan a un comportamiento adictivo, que consume e interrumpe la concentración del estudiante en las sesiones de estudio. Estos nuevos hábitos impactan en la productividad y el rendimiento académico de los jóvenes estudiantes. En este trabajo se busca desarrollar una aplicación que sirva como herramienta para mejorar la concentración del estudiante en las sesiones de estudio delimitadas por la técnica Pomodoro. Con el fin de detectar los diferentes estados de la concentración del estudiante se hará uso de la inteligencia artificial. Esta misma podrá detectar por medio de la cámara web si el individuo se encuentra concentrado, desconcentrado o utilizando el teléfono celular. De esta manera, se obtendrá un seguimiento de la concentración del estudiante durante la sesión de estudio, al proporcionar una retroalimentación de esta en tiempo real al finalizar. Esta información será de utilidad para el alumno, ya que podrá regular el uso de su dispositivo móvil y servirá de motivación para seguir perfeccionando su concentración y mejorar su rendimiento académico.

Palabras clave: Asistente de concentración, detección de objetos, inteligencia artificial, minería de datos, Redes Neuronales Convolucionales, Python, visión artificial, YOLO

Abstract

In recent years, a worrying phenomenon has been observed among young people. Social networks have emerged as a significant leisure activity and a distraction, particularly when talking about the study time of university students. The constant checking of notifications and searching for updates resembles addictive behavior, consuming and interrupting the student's concentration in their study sessions. These new habits impact the productivity and academic performance of young students. This work seeks to develop an application that serves as a tool to improve a student's concentration in their study sessions marked by the Pomodoro technique. In order to detect the different states of the student's concentration, artificial intelligence will be used; it will be able to detect, by means of a web camera, whether the individual is concentrated, distracted, or using a cell phone. In this way, the student's concentration will be monitored during their study session, providing feedback in real time at the end. This information will be useful for the student since they will be able to regulate the use of their mobile device and will serve as motivation to continue improving their concentration and their academic performance.

Key words: Concentration assistant, object detection, artificial intelligence, data mining, convolutional neural networks, Python, artificial vision, YOLO

Introducción

En los últimos años, ha surgido un problema estudiantil potencial. Es por eso que en este proyecto nos centraremos en los estudiantes universitarios. El surgimiento masivo de las redes sociales ha transformado la dinámica de estudio, al desviar la atención de los estudiantes de las actividades académicas hacia el atractivo mundo de las notificaciones, las actualizaciones y el entretenimiento en línea. Esta alteración en el enfoque y la concentración de los estudiantes durante las sesiones de estudio han planteado un desafío sustancial para el rendimiento académico de la juventud [1]. El presente trabajo surge como respuesta a la necesidad de abordar este problema emergente. El objetivo primordial de esta investigación es desarrollar un prototipo que funcione como una herramienta efectiva a fin de mejorar la concentración de los estudiantes durante los períodos de estudio. Las sesiones de estudio estarán delimitadas por la reconocida técnica Pomodoro.

La raíz del problema se encuentra en la imparable y constante revisión de notificaciones y la búsqueda incesante de actualizaciones, comportamiento que se asemeja a una adicción digital. Con el objetivo abordar esta problemática, se plantea la implementación de la inteligencia artificial y la visión por computadora, que permitirán la detección en tiempo real de los distintos estados de concentración de los estudiantes durante las sesiones de estudio. El sistema tendrá la capacidad de identificar los momentos de concentración, distracción y utilización de dispositivos móviles, de manera que se convertirá en una herramienta valiosa para proporcionar retroalimentación al usuario y mejorar el rendimiento académico.

Este prototipo tiene el fin de ofrecer una solución innovadora que promueva la concentración, la productividad y el rendimiento académico. El resultado de este brindará a los estudiantes una herramienta práctica para optimizar sus esfuerzos académicos en un entorno digitalizado.

Reconocimiento de objetos: La visión artificial

La capacidad de la visión de los humanos nos permite identificar individuos, animales y objetos inanimados con precisión. En el ámbito de la inteligencia artificial y la visión por computadora, se utiliza comúnmente el término “reconocimiento de objetos” para englobar todas estas habilidades. Esto abarca la tarea de identificar la categoría o la clase a la que pertenecen objetos específicos en una imagen, por ejemplo, la detección de una cara, así como la identificación precisa de objetos particulares.

La capacidad de visión no solo se emplea en la identificación de objetos, sino también en la percepción de actividades. Esto incluye la capacidad de reconocer movimientos, como los pasos de un individuo; expresiones faciales, como una sonrisa o una mueca; gestos, como señas con la mano y acciones, como saltar o bailar, entre otros [4].

La minería de datos

La minería de datos es una técnica que se utiliza a fin de procesar grandes conjuntos de datos y descubrir patrones y relaciones ocultas de manera automática o semiautomática [2]. Asimismo, transforma todo en conocimiento práctico, que las empresas utilizan con la finalidad de resolver problemas, aumentar beneficios, entre otras aplicaciones.

CRISP-DM

CRISP-DM es un método probado para orientar los trabajos de minería de datos. Es una metodología que describe fases típicas de un proyecto de minería de datos. Brinda una explicación de cada tarea que se debe llevar a cabo en cada fase y la relación de estas [3]. A continuación, se detallan las fases:

» **Comprensión del negocio:**

Se identifican los objetivos y el alcance del proyecto, se deben tener en cuenta los problemas a resolver, las limitaciones y el impacto empresarial.

» **Comprensión de los datos:**

Implica estudiar los datos disponibles, de tal manera que se eviten problemas durante la siguiente fase. Se determinará la calidad de los datos.

» **Preparación de los datos:**

Es la etapa que lleva más tiempo, dado que se deben perfeccionar o transformar los datos para utilizar en el modelado. Implica tareas como la limpieza de los datos, la integración y el formateo.

» **Modelado de datos:**

Mediante un software de minería de datos, se introducen los datos preparados para entrenar el modelo. Se realiza el entrenamiento de modelo, se ajusta y se entrena nuevamente hasta que los resultados sean satisfactorios.

» **Evaluación:**

Se realiza un análisis de los diferentes resultados y se puede volver a ajustar el modelo.

» **Implementación:**

Se utiliza el conocimiento para poder compartir resultados a los clientes y recomendaciones.

El aprendizaje automático: *Machine Learning*

El aprendizaje automático o *machine learning* es el proceso que se basa en alimentar una computadora con datos, y esta misma utiliza la técnica de análisis sobre estos datos a fin de aprender a realizar una tarea. El aprendizaje automático puede ser supervisado o no supervisado. El aprendizaje supervisado consiste en aprender una función a partir de ejemplos de sus entradas y salidas, mientras que el no supervisado consiste en aprender a partir de patrones de entradas para los que no especifican los valores de sus salidas.

Esta clasificación es el resultado del aprendizaje de una función de valores discretos. Es un problema del aprendizaje supervisado, el cual se puede atacar con diferentes métodos: árboles de decisión, modelos bayesianos, clasificadores basados en casos, redes neuronales, entre otros [4].

El aprendizaje profundo: *Deep Learning*

El aprendizaje profundo, una rama del aprendizaje automático, se caracteriza por el uso de redes neuronales con tres o más capas. Estas redes neuronales buscan imitar el funcionamiento del cerebro humano, aunque no alcanzan su nivel de capacidad. No obstante, les permiten “aprender” a partir de grandes volúmenes de datos.

El aprendizaje profundo impulsa una amplia gama de servicios y aplicaciones de inteligencia artificial (IA), al automatizar tareas tanto analíticas como físicas sin la intervención humana. Esta tecnología se encuentra en la base de numerosos productos y servicios de uso cotidiano, como asistentes digitales, sistemas de control de televisión por voz y sistemas de detección de fraudes con tarjetas de crédito, así como en tecnologías emergentes, como los vehículos autónomos [5].

Las redes neuronales convolucionales (CNN)

Las redes neuronales convolucionales, conocidas como ConvNets (CNN, por su sigla en inglés) se utilizan mayormente en tareas de clasificación y visión por computadora. Antes de la aparición de las CNN, se dependía de métodos manuales de extracción de características que demandaban mucho tiempo para identificar objetos en imágenes. No obstante, en la actualidad, las redes neuronales convolucionales ofrecen un enfoque más escalable para la clasificación de imágenes y la identificación de objetos, aprovechando al aprovechar principios de álgebra lineal, específicamente la multiplicación de matrices, para detectar patrones en una imagen. Sin embargo, es importante señalar que estas redes pueden requerir recursos computacionales significativos

y, en ocasiones, el uso de unidades de procesamiento gráfico (GPU, por su sigla en inglés) a fin de entrenar los modelos [6].

El algoritmo *You Only Look Once* (YOLO)

El algoritmo *You Only Look Once* (YOLO, por su sigla en inglés) es un sistema o un algoritmo de código abierto para la detección de objetos en tiempo real. Este sistema utiliza una única red neuronal convolucional a fin de llevar a cabo la detección de objetos en imágenes. En cuanto a su funcionamiento, la red neuronal segmenta la imagen en distintas regiones y realiza predicciones de cuadros de identificación y sus correspondientes probabilidades para cada región. Luego, las cajas resultantes se ponderan en función de las probabilidades anticipadas. Este algoritmo aprende representaciones que son aplicables de manera general a los objetos, lo que permite obtener una precisión elevada en la detección de objetos en nuevas entradas que difieren del conjunto de datos utilizados en el proceso de entrenamiento [7].

La técnica Pomodoro

La idea de la técnica se basa en períodos de trabajo combinados con descansos breves que optimizan la productividad y la atención, según Francesco Cirillo en su libro *La técnica Pomodoro*. Su principal fundamento consiste en el hecho de que la mente humana es más efectiva en intervalos limitados de tiempo. Esta técnica sugiere sesiones de trabajo de veinticinco minutos, seguidas de un breve descanso. Este enfoque aprovecha la psicología cognitiva, al reconocer los límites naturales de la atención y la importancia de las pausas regulares para mantener un rendimiento adecuado [8].

1. Desarrollo

1.1. Construcción del detector de estados

La construcción del modelo predictivo de reconocimiento es un componente crítico de nuestra aplicación, ya que sin él sería imposible poder detectar y clasificar el estado de concentración del estudiante, y el prototipo utilizaría la técnica Pomodoro sin más. Por otra parte, ya existen aplicaciones de este tipo. Una de las tareas de la minería de datos es la clasificación. En este caso, gracias a las imágenes en las cuales se detectan objetos, o mejor dicho, estados, que por medio de un conjunto de imágenes preclasificadas se construyó el modelo de detección de imágenes. El algoritmo que se utilizará es una red neuronal convolucional llamada YOLO. A continuación se describen las diferentes actividades

realizadas a fin de llegar al entrenamiento del modelo a través de la metodología CRISP-DM.

1.2. Comprensión del negocio

El modelo debe de tener la capacidad de predecir diversos estados del estudiante, como así también objetos, entre estos se incluye:

1. **Concentración:** Se refiere a la detección de un rostro en la imagen que esté mirando directamente hacia el frente, sin desviarse hacia los lados o hacia abajo. Esto implica una atención plena y un enfoque en el punto central de la imagen.
2. **Distracción:** Este escenario se da cuando el rostro en la imagen se encuentra mirando hacia los lados o hacia abajo. En esta situación, la atención y el enfoque del individuo se desvían de la vista frontal.
3. **Utilización del teléfono celular:** El modelo también debe ser capaz de identificar la presencia de un teléfono celular como objeto en la imagen. Esto es relevante para detectar si una persona está utilizando un dispositivo móvil durante la captura de la imagen.

En la etapa de comprensión de datos se realizó, en primera instancia, la recopilación de datos iniciales, en nuestro caso la captura de imágenes en donde se aprecian los diferentes estados y los objetos a detectar.

Se recolectaron las imágenes de forma masiva mediante un *script* escrito en Python y ejecutado en un *notebook* de Jupyter, que implementó la librería openCv. El algoritmo ejecuta la cámara web a fin de capturar veinte imágenes cada tres segundos por cada etiqueta, que en este caso es "concentrado" (*concentrated*), "desconcentrado" (*distracted*) y "utilización de teléfono celular" (*phone_usage*). El nombre con el que se guardaron las imágenes es (etiqueta).(random-ID).jpg, en donde *randomID* es una cadena de texto aleatoria y única. Las imágenes se almacenaron en una subcarpeta del directorio *data/images* en específico en la carpeta *data/images/train*, que a su vez contiene otra carpeta paralela *data/images/val*, en la cual se almacenaron cuatro imágenes de cada tipo y el resto en la carpeta de *train* (entrenamiento). Cabe aclarar que colocarle este nombre de etiqueta no implica que ya están clasificadas y listas para ser entrenadas por la red neuronal YOLO, debido a que ese es un paso posterior.

En paso anterior solo se obtuvo el conjunto de datos de imágenes. Sin embargo, no estaban etiquetadas. En cuanto a esta tarea, que según CRISP-DM es la de preparación de los datos, se realizó de nuevo ese paso. Con el objetivo

de etiquetar las imágenes se necesitó utilizar una herramienta llamada Labellimg, la cual proporciona la posibilidad de marcar la zona de interés en las imágenes, que contienen el objeto que se quiere etiquetar. Además, el software permite realizar estas anotaciones en formato YOLO, el cual es el formato necesario para soportar el algoritmo. Estas anotaciones se almacenarán en una carpeta paralela a *data/images*, la cual se denomina *data/labels/train*, y otras cuatro de cada tipo en la carpeta *data/labels/val*.

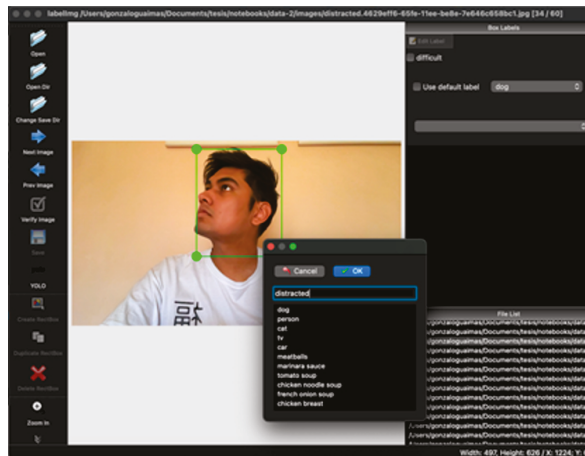


Figura 1: Etiquetado de rasgo facial en estado distraído

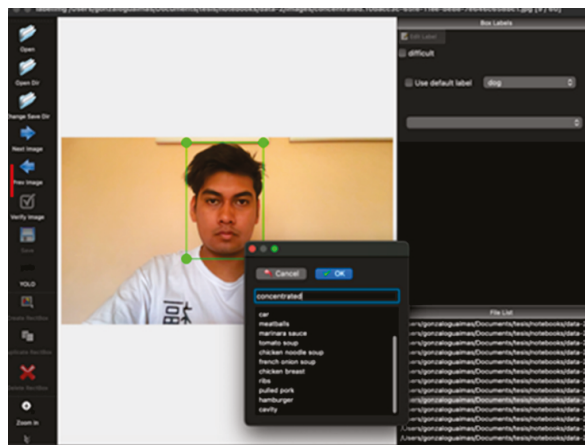


Figura 2: Etiquetado de rasgo facial en estado concentrado

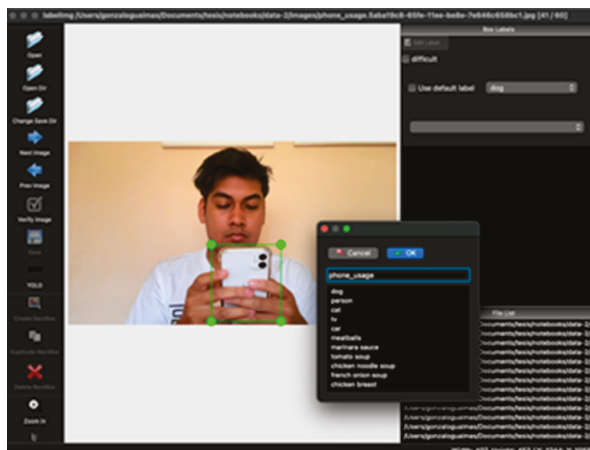


Figura 3: Etiquetado de objeto teléfono celular

Una vez etiquetado todo el conjunto de datos, es el momento de entrenar el modelo mediante el algoritmo YOLO, en este caso la versión 5. Se eligió esta versión debido a que se lo considera un algoritmo robusto con buenos resultados relacionados con la detección de objetos. Estas líneas de código se ejecutaron dentro del entorno de Google Colaboratory debido a la gran capacidad de cómputo que ofrece. El modelo se entrenó cuatro veces. Durante cada entrenamiento se utilizó el mejor peso del anterior a fin de obtener mejores resultados en el modelo.

Considerando el primer entrenamiento se utilizó el peso predeterminado en YOLO del archivo *yolo_v5.pt*.

```
!python train.py --img 640 --batch 4 --epochs
300 --data dataset.yaml --weights yolov5s.pt
--cache
```

Cada uno de estos parámetro significa lo siguiente:

- » *python train.py*: Ejecuta el script de la librería YOLOv5 preparado para el entrenamiento de un modelo.
- » *-img 640*: Especifica el tamaño de las imágenes de entrada durante el entrenamiento, las imágenes se redimensionan a un tamaño de 640x640 píxeles.
- » *-batch 4*: Indica el tamaño del lote utilizado durante el entrenamiento. Se refiere al número de entrenamientos que se utiliza en cada paso de optimización.
- » *-epochs 300*: Indica el número de épocas de entrenamiento. Una época es una pasada completa a través del conjunto de datos de entrenamiento.
- » *-data dataset.yaml*: Este archivo contiene la configuración YAML, que contiene información sobre el conjunto de datos, así como también clases de objetos a detectar.

- » *-weights.yolov5s.pt*: En cuanto al primer entrenamiento, se utilizaron los pesos predeterminados, luego con cada entrenamiento genera un archivo con el mejor peso encontrado, el cual se utiliza en el siguiente entrenamiento.
- » *-cache*: Este parámetro permite habilitar el almacenamiento en caché. Esto significa que los datos se almacenan en caché, en la memoria con el objetivo de acelerar el acceso a ellos durante el entrenamiento.

Teniendo en cuenta los posteriores entrenamientos, se utilizó la siguiente línea de código hasta el cuarto entrenamiento:

```
!python train.py --img 640 --batch 4 --ep-  
ochs 300 --data dataset.yaml --weights best.pt  
--cache
```

Luego del cuarto entrenamiento, ya se consideró que se contaba con un modelo óptimo y listo para utilizarse. Sin embargo, con el fin de corroborar, se llevó a cabo un análisis de la matriz de confusión y así asegurarse de la efectividad de este.

Con el fin de realizar la evaluación del modelo, la librería yolov5 nos proporcionó la matriz de confusión, con la que se pudo determinar qué error se cometía en el modelo. El algoritmo usa una confianza de 0,25 y un límite de unión de 0,45, por lo que, con el propósito de clasificar un objeto, debe de tener un 50 % de probabilidad de incluirse en una clase determinada.



Figura 4: Matriz de confusión del modelo

Se pudo observar que en el 75 % de los casos el modelo se clasificó de manera correcta el estado concentrado. En el 50 % de casos se reconoció un rostro como distraído, mientras que en el otro 50 % se equivocó y lo clasificó como concentrado.

Considerando el caso de utilización de teléfono celular, en el 100 % de los casos se pudo reconocer de manera correcta el uso de este. Por lo tanto, a partir de estos datos se pudo determinar que el modelo entrenado es un buen modelo, con el que se puede trabajar.

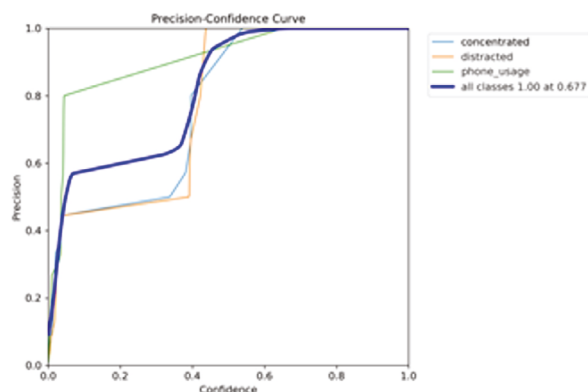


Figura 5: Gráfico de precisión del modelo

Además, la precisión promedio fue de 0,677, lo que nos indica que de cada diez imágenes, alrededor de siete se clasifican de manera correcta.

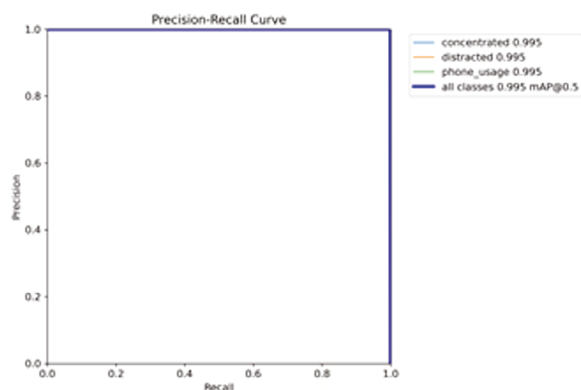


Figura 6: Gráfico de sensibilidad del modelo

El gráfico de sensibilidad indica que en promedio fue de 0,995 lo que es una muy buena medida, casi perfecta al considerar la cantidad de objetos por clase clasificados de manera correcta. Esto indicó que de cada diez imágenes, alrededor de diez son correctas y casi ninguna es un falso positivo.

En conclusión, la evaluación de este modelo fue positiva, por lo que se lo aprobó para implementarlo y ponerlo en marcha en el prototipo.

1.3. Implementación del modelo

Considerando la construcción de la interfaz gráfica, en donde se hizo uso del modelo, se utilizó la librería Flet de Python. La ventaja que se

tiene al desarrollar sobre esta librería es la operatividad multiplataforma de la misma, es decir, la aplicación Desktop se puede ejecutar en sistemas operativos Windows, Mac, iOS y Linux.

Teniendo en cuenta los requerimientos mínimos de nuestra aplicación se construyeron los siguientes aspectos:

- » cronómetro que marca los minutos de la sesión Pomodoro y toda la lógica que conlleva, por ejemplo, la función de comenzar la sesión, detenerla, cambiar de tipo de sesión entre actividad o descanso de forma automática;
- » tablero que muestra la información estadística útil de la sesión actual por ejemplo, el tiempo de concentración, el tiempo de desconcentración, el máximo tiempo concentrado y un gráfico temporal;
- » visor que permite visualizar lo que la cámara web observa y la región de interés en donde detecta un objeto y lo clasifica con ayuda del modelo entrenado.

Dentro de la aplicación, en la sección superior, el cronómetro marca los minutos transcurridos de la sesión Pomodoro junto a un botón para dar comienzo a la misma.

A continuación, se muestra el tablero con el porcentaje de concentración o desconcentración y del minuto a minuto de la sesión junto con unas tarjetas que marcan en números estos datos interesantes para el estudiante.

En la parte inferior de la aplicación se observa lo que captura la imagen de la cámara web y, por medio de la visión artificial, se dibuja un cuadro alrededor del objeto que detecta el modelo. Esto es una representación o muestra a fin de demostrar el estado de concentración del estudiante a la hora de tener activa la sesión.

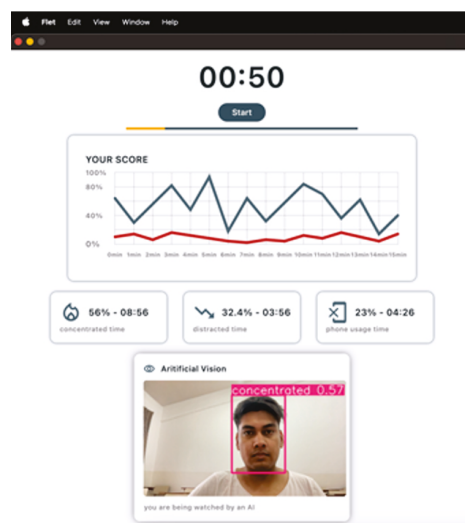


Figura 7: Interfaz de Asistente de concentración detectando el estado concentrado

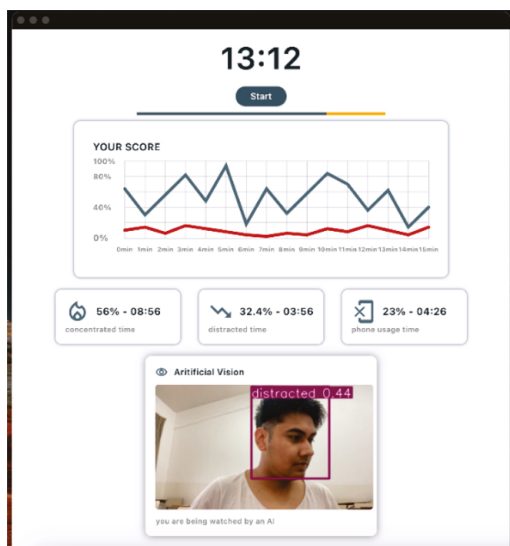


Figura 8: Interfaz de Asistente de concentración detectando el estado desconcentrado o distraído

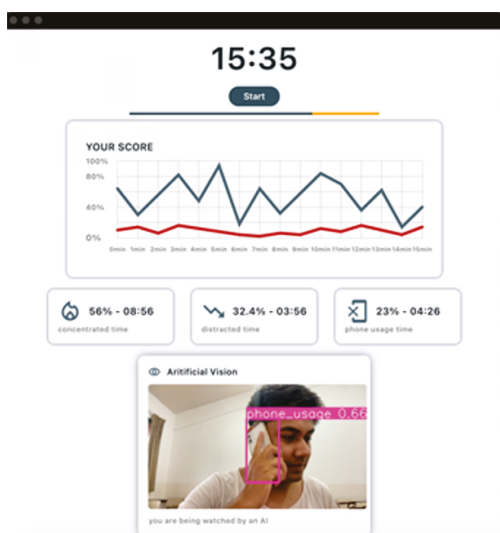


Figura 9: Interfaz de Asistente de concentración detectando el uso de teléfono móvil

Como se pudo observar en las diferentes capturas, se hizo uso del modelo sobre una interfaz gráfica, en otras palabras, una aplicación de escritorio.

2. Conclusión

En conclusión, el desarrollo de este prototipo dio respuesta a la problemática planteada acerca de la distracción de los estudiantes universitarios debido a las redes sociales y al uso de dispositivos móviles en el período de estudio. Se pudo validar que a través del entrenamiento de un modelo detector de objetos se logra alertar diferentes estados del estudiante, como así también el uso de teléfono móvil. Además, se desarrolló la herramienta como una aplicación de escritorio multiplataforma y se demostró que dentro de la misma se puede hacer uso del modelo como parte de la visión artificial de la herramienta. A futuro, este prototipo brindará retroalimentación para el estudiante y por medio de esta podrá corregir su concentración en sus sesiones de estudio y, en consecuencia, mejorar su productividad, mejorando el rendimiento académico.

Referencias

- [1] L. E. Garate-Osuna, A Nava-Quevedo, C. Pacheco Millán. "Impacto de las redes sociales en el comportamiento de estudiantes de nivel superior. Revista de Investigación en Tecnologías de la Información: RITI", 3(5), 19-23, 2015.
- [2] I. Witten, E. Frank, M. Hall. *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques*, 4ta ed.
- [3] IBM Knowledge Center. *Guía de CRISP-DM de IBM SPSS Modeler*
- [4] S. J. Russell, J. Stuart, P. Norvig, J. M. Corchado Rodríguez, L. Joyanes Aguilar. *Inteligencia artificial: un enfoque moderno*. Pearson Prentice Hall, 2004.
- [5] IBM. "¿Qué es Deep Learning?". n.d. Disponible en <https://www.ibm.com/es-es/topics/deep-learning>
- [6] IBM. "¿Qué son las redes neuronales convolucionales?". n.d. Disponible en <https://www.ibm.com/es-es/topics/convolutional-neural-networks>
- [7] A. Soto Serrano. "YOLO Object Detector for Onboard Driving Images. n.d.
- [8] F. Cirillo. The Pomodoro Technique. n.d.

SOBRE LA REVISTA



ConCiencia Joven es una revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica de Salta, Argentina, creada en el año 2022.

ConCiencia Joven brinda a la comunidad universitaria una plataforma de discusión, reflexión y exploración, teniendo como punto de partida la producción intelectual y material de alumnos vinculados a las carreras de grado, pre-grado y posgrado de la Facultad de Ingeniería de la UCASAL o de carreras de ingeniería de otras instituciones universitarias reconocidas.

La revista recibe artículos en español y en inglés.

Domicilio editorial – Facultad de Ingeniería. Sede Central: Campo Castaños - (Salta - Argentina)

Código Postal A4400EDD

Tel.: 54 - 0387 - 4268607

0810 555 822725 (UCASAL)

<http://www.ucasal.edu.ar/eucasa>

Política de acceso abierto y licencias de uso

Es una revista de acceso abierto publicada bajo licencia [Creative Commons Atribución-NoComercial- CompartirIgual](#). Es decir que todo su contenido está libremente disponible sin cargo para usos lícitos por los usuarios, sin autorización previa del autor o del editor. Los autores retienen, sin embargo, el derecho a ser adecuadamente citados.



Esta publicación adhiere a la [Iniciativa de Acceso Abierto de Budapest](#), llevando a la práctica sus recomendaciones y definiciones.



La revista aplica la misma licencia y derechos de uso de contenidos ya sea para el sitio web en general como para cada número y artículo publicado. Los autores mantienen el control total y exclusivo sobre la integridad de su trabajo publicado, como también el derecho a ser citados y debidamente reconocidos. Se adhiere en todos los casos a los lineamientos y sus respectivas prácticas para el uso justo, "Fair use", desarrollado por [DOAJ](#).

El Autor/a retiene los derechos sobre su obra. Y este concede a la Casa Editora el derecho a la primera publicación y un derecho no exclusivo permanente de preservar y poner en acceso abierto la obra en su totalidad o en parte por los medios y canales digitales institucionales vigentes, bajo la misma licencia de uso original de publicación en la revista, o de iguales características.

Todo uso que el Autor/a haga de la obra, que signifiquen acuerdos contractuales con terceros, debe incluir un reconocimiento a la publicación original realizada en esta revista, y por consiguiente al respectivo número donde se encuentra el artículo. En este sentido, el Autor/a asume el compromiso de informar al Editor/a, de manera formal, las autorizaciones y licencias pertinentes contraídas con terceros para el uso de la obra.

Apertura editorial

La revista mantiene y fomenta como política editorial la participación de autores, y miembros del equipo editorial, ajenos a la propia Universidad y unidades académicas vinculadas.

Autoría - Responsabilidad

La responsabilidad sobre las opiniones vertidas en los textos y sobre el respeto a la propiedad intelectual corresponde a los autores.

Asimismo, los autores declaran haber cumplido con las normas internacionales en materia de conflicto de intereses y normas éticas para la investigación y publicación de material académico y científico. En cualquier caso se debe informar sobre la existencia de vínculo comercial, financiero o particular con personas o instituciones que pudieran tener intereses relacionados con los trabajos que se publican en la revista.

Proceso editorial

Proceso de Evaluación

Los artículos basados en Proyectos finales, tesis, tesinas, etc. de grado o posgrado, además de la corrección correspondiente por parte del jurado académico en su momento, serán seleccionados para su publicación por el Comité Editorial, considerando la calidad académica sobresaliente y/u originalidad.

Los artículos que presentan resultados de investigaciones, deberán ser avalados por el director del proyecto en el marco del cual se desarrolló el trabajo, y a criterio del Comité Editorial, podrá ser objeto de evaluación académica.

Aquellos artículos provenientes de actividades de capacitación formal universitaria, o tipos de trabajos provenientes de actividades no curriculares, quedarán a criterio del Comité Editorial quien determinará la necesidad de una evaluación académica.

En todos los casos, se realizará una revisión de formato y estructura del contenido, de modo que el trabajo se ajuste a los requerimientos que en tal sentido formule la revista.

Integridad ético-académica

El equipo editorial de ConCiencia Joven se compromete con la comunidad educativa a garantizar la ética y la calidad de los artículos que publica. La revista adhiere al Código de conducta y buenas prácticas establecido por el Committee on Publication Ethics o COPE, *Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors* y *Code of Conduct for Journals Publishers*.

En cumplimiento de este código, la revista asegurará la calidad técnica y académica de las publicaciones y la adecuada respuesta a las necesidades de los lectores y los autores. El código alcanza a todas las partes implicadas en el proceso editorial de la revista. El Comité Editorial se compromete a publicar las correcciones, aclaraciones, retracciones y disculpas cuando sea preciso.

Cargos por publicación

ConCiencia Joven es digitalmente distribuida sin fines de lucro, garantizando el acceso abierto a la publicación. Asimismo, la revista no retribuye económicamente a sus colaboradores por su participación, independientemente de si actúan como evaluadores o escritores.

La revista no aplica costos de ningún tipo, ya sea para el acceso al texto completo de todos los números y artículos, como para el envío de originales, evaluación, procesamiento de artículos aprobados y su respectiva publicación.

Política de privacidad

Compromisos generales del comité editorial

El Comité Editorial de *ConCiencia Joven* se compromete a velar por el cumplimiento del debido proceso editorial establecido.

Entrega de información relativa a una publicación

Toda la información brindada por aquellos que colaboran en el proceso editorial de la revista es archivada en bases de datos propias. Los mismos podrán ejercer sus derechos a conocer, actualizar, rectificar y suprimir sus datos personales en el caso que así lo consideren.

Interacción con los autores

El equipo editorial de *ConCiencia Joven* se compromete a mantener la confidencialidad de los artículos recibidos y a no usar en sus propias investigaciones datos, argumentos o interpretaciones hasta que el artículo sea publicado con expresa referencia de su origen. Asimismo, el equipo editorial garantiza imparcialidad y gestión adecuada de los artículos recibidos.

Los nombres y las direcciones de correo electrónico introducidos en esta revista se usarán exclusivamente para los fines establecidos en ella y no se proporcionarán a terceros o para su uso con otros fines.

Derechos del Autor

El Autor retiene los Derechos sobre su Obra, contemplando todos los objetos digitales que pueden resultar de la publicación electrónica posterior y/o distribución.

Una vez aceptada la Obra, el Autor concede a la Editorial el derecho exclusivo de su primera publicación, como también el derecho permanente a incluirla en todos los servicios y productos documentales que desarrolle la casa editora y constituyan un sistema de acceso al texto completo.

El Autor puede establecer acuerdos contractuales adicionales para la distribución no exclusiva de la versión publicada en la revista. Se debe proporcionar en el documento una mención de la publicación inicial en esta revista.

REVISTA

ConCiencia Joven

Número 2 - 2024



INGENIERÍA
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SALTA