



# Estudio de un aula en la URP para evitar dispersión del Virus Sars-Cov-2

## *Study of a classroom in Universidad Ricardo Palma to avoid Sars-Cov-2 spread*

María Teresa del Carmen Méndez Landa<sup>1</sup>, Irma Raquel Solís Amanzo<sup>2</sup>  
Facultad de Ingeniería, Universidad Ricardo Palma Lima, Perú

RECEPCIÓN: 14 de septiembre del 2022  
ACEPTACION: 08 de noviembre del 2022

### Resumen

Luego de más de 2 años de permanencia del virus SARS-CoV-2, las medidas sanitarias están minimizando sus consecuencias.

Las autoridades del Perú consideraron el momento de retorno a las aulas escolares y universitarias a partir de marzo del 2022, para lo cual es necesario respetar los protocolos de bioseguridad como aforo por aula, distanciamiento adecuado, uso de mascarillas y, sobre todo, buena ventilación en las aulas.

Un ambiente con mala ventilación presenta altas concentraciones de CO<sub>2</sub>, lo que reduce la cantidad de oxígeno para respirar, e incrementan las exposiciones a virus respiratorios, entre ellos el SARS-CoV-2.

El estudio plantea tomar como modelo un aula de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma y analizarla en relación con las normas de bioseguridad necesarias, en especial las condiciones de ventilación natural y el aforo reglamentario.

Se propone equipar este espacio con ventilación mecánica para una adecuada oxigenación del ambiente mediante extractores de aire, sensores de temperatura, humedad relativa y sensor semáforo que indique el nivel de CO<sub>2</sub>.

Los parámetros límite para determinar la calidad del aire en un aula de clases deberán ser: 500-799 ppm Valor Aceptable (color verde); 800-999 ppm Valor Riesgoso (color ámbar) y, 1000 ppm Valor Peligroso (color rojo). Esta propuesta puede ser replicada para cualquier aula.

**Palabras clave:** calidad del aire, ventilación mecánica, dióxido de carbono, dispersión del virus SARS-Cov-

### Abstract

After more than 2 year's presence of the SARS-CoV-2 virus (COVID-19) among our citizens, sanitary measures have started mitigating its consequences.

The Peruvian authorities have considered that as of the month of March 2022 teaching must return to classrooms, both at schools and universities. To do so, we must respect the biosafety protocols established, such as: capacity of students per classroom, adequate distance, use of masks and, above all, good ventilation in classrooms. A poorly ventilated room presents high concentrations of CO<sub>2</sub> and reduced levels of oxygen available to breathe, while simultaneously increasing the risk of transmission for respiratory viruses such as SARS-CoV-2. We propose analyzing a model classroom in one of the buildings of the College of Engineering from Ricardo Palma University for its compliance of biosecurity and maximum capacity rules needed to go back to in-person classes.

We have chosen classroom B-303 because of its location relative to all other classrooms and because it complies with Peru's RNE regulations as long as doors and windows are kept open to allow for proper ventilation. We propose to set up this room with the necessary equipment to maintain proper oxygen levels as well as monitor air quality with doors closed. The proposed equipment is made up of air extractors, temperature sensors, and relative humidity and carbon dioxide sensors with a traffic lights monitoring system that indicates the level of carbon dioxide to maintain adequate ventilation of the environment. The limit parameters defined for carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) to determine the quality of the air in a classroom will be: 500-799 ppm Acceptable Value (green color); 800-999 ppm Dangerous Value (amber color) and 1000 ppm Highly Dangerous Value (red color). This proposal can be replicated in any other classroom.

**Keywords:** air quality, mechanical ventilation, carbon dioxide, dispersion of the SARS-Cov-2 virus

## 1. INTRODUCCIÓN

Desde mediados del mes de marzo del 2019, en el Perú, se dispusieron una serie de medidas de bioseguridad por la llegada del coronavirus (COVID-19) que ocasionaron el colapso de los sistemas sanitario, económico y

educativo. Esta situación exigió buscar medidas urgentes a fin de continuar nuestro quehacer diario. Luego de 2 años de pandemia, las medidas sanitarias han ido minimizando las consecuencias del virus, y las autoridades del país han considerado apropiado el regreso a las aulas tanto escolares como universitarias. Sin embargo, todavía existe el riesgo de las diferentes variantes del virus como Alfa, Beta, Gamma, Delta y Ómicron, . Indican los expertos [1] que estas nuevas variantes son mucho más contagiosas que el virus original. Por consiguiente, con la reincorporación a las actividades educativas presenciales se presenta un riesgo respecto a la infraestructura educativa, que, en muchos casos, por características climáticas de su ubicación, carecen de adecuadas condiciones de confort, sobre todo calidad ambiental, lo que pone en riesgo la salud de los estudiantes y docentes.

En algunos países que han retomado la educación presencial, se plantearon directivas para acondicionar los ambientes respectivos y minimizar el riesgo de contagio. La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha dado pautas para la reapertura de las escuelas de acuerdo al nivel de transmisión del virus por distritos o regiones [2]. Sin embargo, en nuestro país es difícil pensar en una modificación de la infraestructura educativa para brindar estas condiciones de confort y calidad ambiental, imprescindibles para el regreso a clases, por el costo y tiempo que demandará su implementación. Por este motivo, el gobierno peruano ha planteado la modificación de la Norma 048-2022-MINEDU [3] para cumplir con los protocolos de bioseguridad y, sobre todo, con una buena ventilación en las aulas.

Es posible cumplir con este último requerimiento adecuando la infraestructura existente, a menor costo y tiempo, mediante un sistema de ventilación mecánica que monitoree permanentemente la calidad del aire. Con este fin se analizó un aula de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma en relación con las normas de bioseguridad nacionales e internacionales [3] y [6], y al Reglamento Nacional de Edificaciones [5] y [8], y se propone su implementación con equipos de ventilación mecánica y monitoreo de la calidad del aire interno, basados en la Guía Normativa Española [7], a fin de mantener una adecuada oxigenación del ambiente.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se ha tomado como modelo el aula B-303 de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Ricardo Palma para analizar sus características físicas, ventilación natural y capacidad de personas para, posteriormente, plantear las medidas de bioseguridad que se requieren para un reinicio de clases que garantice el aforo y los equipos necesarios para una adecuada ventilación del ambiente. El aula B-303 se encuentra en las peores condiciones de ubicación, puesto que tiene un bloque de aulas al frente que minimizan el ingreso de aire exterior.

La investigación ha tomado como referencia el estudio realizado por el Harvard-Healthy-Buildings-program de la Universidad de Harvard [6], entre otros.

En la figura 1 se observa la vista de planta del tercer piso del Pabellón B de la Universidad Ricardo Palma (Facultad de Ingeniería), donde se ubica el aula a analizar.

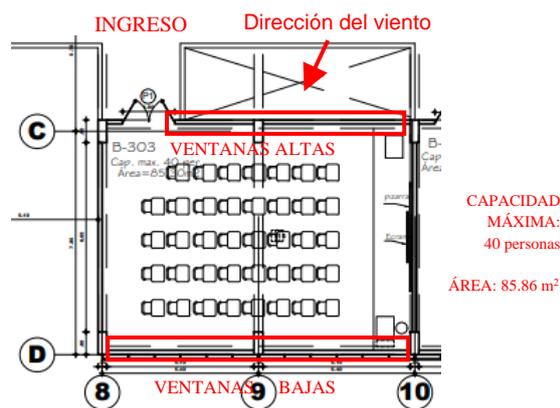


Figura 2 Pabellón B Facultad de Ingeniería Aula B-303

En cuanto al ambiente a trabajar, el Aula B-303 (figura 2), se encuentra ubicado en el lado Norte del Pabellón. Cuenta con un área de  $85.86\text{m}^2$  y, en condiciones normales, con un aforo de 40 personas. Las dimensiones internas del aula son 10.80m de largo y 7.95m de ancho.

## INDUSTRIAL

Respecto a la iluminación natural y ventilación, el aula cuenta con ventanas bajas colocadas hacia el lado norte y, con ventanas altas y puerta de acceso hacia el lado sur que se orientan hacia el pasillo.

### 2. RESULTADOS

#### 3.1 Cálculo de la ventilación natural del aula B-303 con ventanas y puertas abiertas:

##### *Ventanas Bajas*

Dimensiones de abertura de ventana baja: 1.29x0.82

Nº de aberturas de ventanas del lado Norte del Aula B-303: 4

Área de ventilación por abertura de ventanas bajas:  $4 \times 1.29 \times 0.82 = 4.23 \text{ m}^2$

##### *Ventanas Altas*

Dimensiones de abertura de ventana alta: 0.78x0.92

Nº de aberturas de ventanas del lado Sur del Aula B303: 3

Área de ventilación por abertura de ventanas altas  $3 \times 0.78 \times 0.92 = 2.15 \text{ m}^2$

##### *Puertas*

Área de ventilación por abertura de puertas:  $1.80 \times 2.10 = 3.78 \text{ m}^2$

Según la Norma A.010 RNE [5]

Artículo 52.- Los elementos de ventilación de los ambientes deberán tener los siguientes requisitos:

a) *El área de abertura del vano hacia el exterior no será inferior al 5% de la superficie de la habitación que se ventila.*

- Cálculo de la ventilación natural del aula B-303 según Norma A.010

Área del Aula:  $85.86 \text{ m}^2$

5% de  $85.86 = 4.29 \text{ m}^2$

Verificación de área de ventilación del Aula B-303 respecto a la Norma A.010 [5]

Área de ventilación natural  $10.16 \text{ m}^2 > \text{Área de ventilación RNE } 4.29 \text{ m}^2$

El área de ventilación cumple con la Norma A.010 RNE siempre y cuando todas las ventanas se encuentren abiertas.

#### 3.2 Cálculo de volumen de aire para ventilación mecánica

Área del aula modelo  $85.86 \text{ m}^2$

Largo 10.80 m

Ancho 7.95 m

Alto 3.28 m

Volumen de aire del aula  $281.62 \text{ m}^3$

*La extracción se debe considerar entre 7 y 10 veces más que el volumen*

Capacidad de aire:  $281.62 \times 10 = 2816 \text{ m}^3/\text{h}$

Capacidad del extractor:  $500 \text{ m}^3/\text{h}$  entonces:

$60/500 \times 281.62 = 33.79$

El aula se ventilará totalmente en 34 minutos.

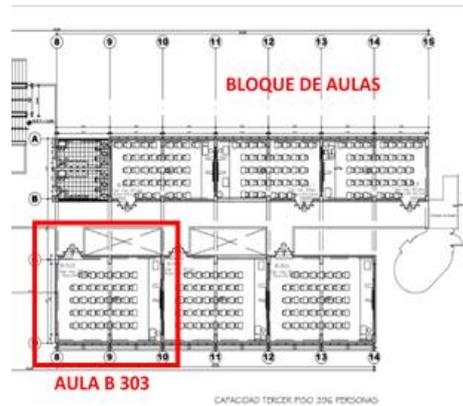


Figura 3 Aula B303 dentro del Pabellón  
Fuente: Universidad Ricardo Palma

### 3.3 Sensores

Dispositivos empleados para captar variaciones o alteraciones de su entorno, en este caso el CO<sub>2</sub> del aire, que serán de gran apoyo en el cumplimiento de las medidas de bioseguridad.

#### 3.3.1 Sensor de CO<sub>2</sub>

Puesto que la concentración de CO<sub>2</sub> está directamente relacionada con el índice de ventilación del ambiente, así como con el número de personas, la medición del CO<sub>2</sub> en el interior del aula indicará el IQA (Índice de Calidad del Aire).

El aula deberá implementarse con un *sensor tipo semáforo*. El color rojo alertará la urgencia de ventilación del ambiente, y los niveles de concentración del CO<sub>2</sub> se registrarán en partes por millón (ppm).

Valor de concentración de CO<sub>2</sub> para el exterior: 420 -450 ppm, por lo que consideramos los siguientes valores:

- Verde 500-799 ppm valor aceptable
- Ámbar 800-999 ppm habría que ventilar
- Rojo 1000 ppm ventilar de inmediato y/o mala ventilación.

#### Ubicación del sensor de CO<sub>2</sub>

Se deberán considerar los siguientes valores respecto al entorno:

Altura: 1 m de personas sentadas

Distancia horizontal: 1 m de la zona de respiración de cualquier persona.

#### Funcionamiento del sensor de CO<sub>2</sub>

El sistema de funcionamiento del medidor de CO<sub>2</sub> deberá ser por infrarrojos, basado en el principio de absorción de energía de los compuestos a una determinada longitud de onda. El sensor deberá contar con un emisor y un receptor de luz que envía y recibe, respectivamente, un haz con la longitud de onda de

absorción de CO<sub>2</sub>. Este es atenuado de manera proporcional a la cantidad de CO<sub>2</sub> presente en el aire que se está analizando.

### 3.3.2 Sensor combinado de temperatura y humedad relativa

Los sensores de temperatura y humedad garantizan la calidad del aire de interiores (IAQ) e indican los estándares de comodidad de las personas en interiores y un ambiente interior saludable.

La humedad relativa interior fuera del rango entre el 35 a 65 % puede causar efectos adversos sobre la salud:  
 HR > 80% y la temperatura >25°C.  
 HR < 35%

La Normatividad Española [6] (véase el cuadro 1) indica las condiciones interiores de diseño. El sensor combinado de temperatura y humedad relativa HVAC (figura 6) realiza la indicación visual de la temperatura a través de los indicadores LED de colores: verde, amarillo y rojo. El LED verde indica la temperatura dentro de los rangos normales.



**Figura 4.** Sensor combinado de temperatura y humedad relativa. Fuente: HVAC

Cuando la temperatura llega a un nivel de alerta se enciende el LED amarillo. La activación del LED rojo significa que la temperatura está muy baja o alta. De la misma manera es la señalización de la humedad relativa. La transmisión de los datos de temperatura, humedad relativa y luz ambiental se realizará mediante el empleo del sistema MODBUS RTU.

Debe contar con conectores sin tornillos, para un enrutamiento más seguro y una conexión estable para cables sólidos o trenzados.

Tensión de alimentación: 24 VDC o 24 VAC. Conexión de 3 hilos.

El sensor no requiere configuración; una vez instalado está listo para usar. Los ajustes de fábrica se pueden modificar a través de la comunicación Modbus RTU. Se puede elegir un tipo de salida dependiendo de la entrada del dispositivo, que se controlará: 0-10 VDC / 0-20 mA / 0-100 % PWM / Modbus RTU.

La intensidad de los indicadores LED es ajustable.

### 3.4 Cálculo del aforo para medidas de bioseguridad

- Según la Norma A.040 RNE [8], Artículo 13, ítem 13.2, se considera para Aulas 1.5 m<sup>2</sup>/persona  
 Área de aula: 85.86 m<sup>2</sup>

Área de ocupación: 60m<sup>2</sup>

Área de circulación: 25.86 m<sup>2</sup>

Capacidad máxima en condiciones normales:

$$60\text{m}^2 / 1.5\text{m}^2/\text{persona} = 40 \text{ personas (URP)}$$

- Según RM N° 121-2021-MINEDU [9] “...el aforo es calculado dividiendo el área total de la superficie útil transitable del ambiente entre el área mínima ocupada por persona para asegurar el distanciamiento físico de dos metros hacia cada lado (en este caso, 4m<sup>2</sup> por persona) ...”

Área de aula: 85.30 m<sup>2</sup>

Área de ocupación: 60m<sup>2</sup>

Área de circulación: 25.86 m<sup>2</sup>

Capacidad máxima según MINEDU:

60 m<sup>2</sup>/ 4m<sup>2</sup>/persona = 15 personas

Según las normas específicas de educación para aulas [9]:

1.20 m<sup>2</sup>/alumno

60 m<sup>2</sup>/ 3m<sup>2</sup>/persona = 20 personas

### 3. DISCUSIÓN

Habiéndose analizado el Aula B-303 respecto a las Normas de Bioseguridad nacionales (MINEDU e INS) [3, 4], e Internacionales [6, 7] así como del Reglamento Nacional de Edificaciones [5, 8] se obtuvo que: En el Aula B-303, el área de ventilación natural con la que cuenta (10.16 m<sup>2</sup>) excede en más del doble el solicitado por la *Norma A.010* [5] *RNE* que, para la misma área, solamente solicita 4.29 m<sup>2</sup>. Este requerimiento es efectivo dentro de las medidas de bioseguridad siempre y cuando las ventanas y puertas permanezcan siempre abiertas, lo que no va a ocurrir de manera permanente debido al clima frío y húmedo de la ciudad de Lima.

MINEDU [3] y Harvard Healthy Buildings program [6] mencionan que, en caso de que la ventilación natural del ambiente no sea permanente, se debe plantear ventilación mecánica y evitar el uso de ventiladores y/o aire acondicionado. Por eso, se recomienda la implementación de 2 extractores de aire tanto para ingreso de aire exterior como para expulsión del aire contaminado, para complementar la ventilación natural del aula. Para facilitar el control de la ventilación en el Aula B-303, esta deberá contar con un sensor de medición de CO<sub>2</sub> tipo semáforo que alerte el momento en que se requiera incrementar la ventilación mediante puertas y ventanas abiertas.

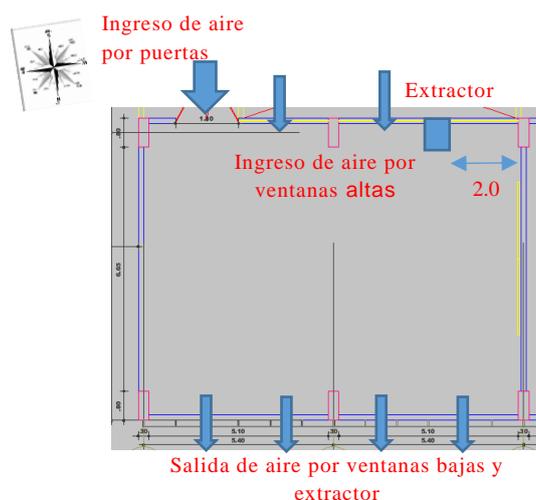


Figura 5 Propuesta para Aula B-303

Fuente: Propia

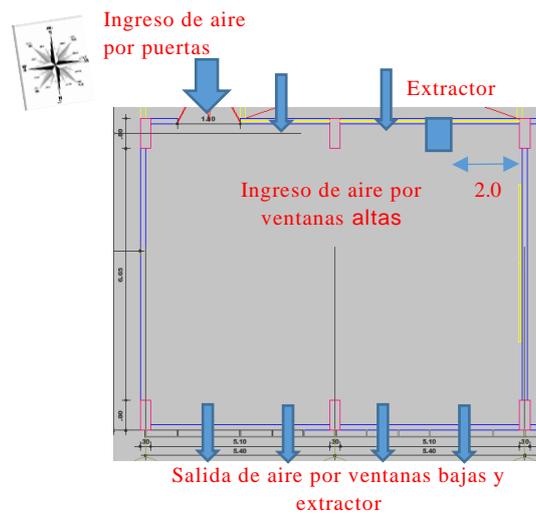


Figura 10 Propuesta para Aula B-303  
Fuente: Propia

## 5. CONCLUSIONES

- La ventilación natural del aula modelo, a pesar de que cumple con la *Norma A.010 del RNE* [5] para cumplir con las normas de bioseguridad, requiere contar con un sistema de ventilación mecánica y asistido por un sistema de monitoreo del índice de calidad del aire interno (ICA), mediante sensores de CO<sub>2</sub>, temperatura y humedad relativa. Estos dispositivos son el mejor indicador para la renovación del aire y por lo tanto la prevención de la expansión del COVID-19.
- El aula modelo B-303 debe contar con ventilación mecánica por sobrepresión, puesto que se encuentra frente a las aulas B-308, B-309 y B310, que obstaculizan el ingreso del aire exterior.

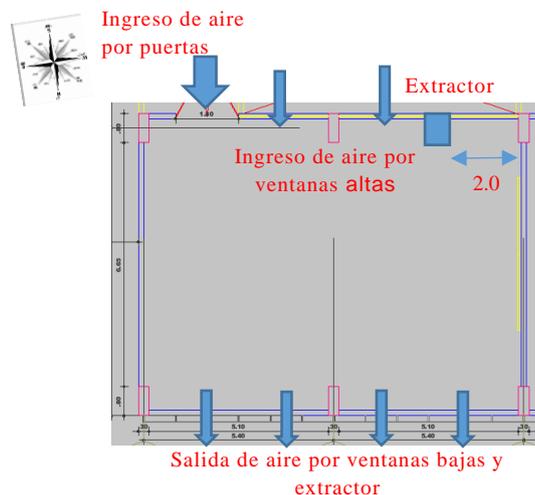


Figura 5 Propuesta para Aula B-303  
Fuente: Propia

- En cuanto al aforo requerido para las medidas de bioseguridad se considera lo especificado por la norma del RNE [8] para aulas de 1.20 m<sup>2</sup>/alumno que establece una capacidad máxima de 20 alumnos para un área de 85.86 m<sup>2</sup> (véase la Figura 10).

## RECOMENDACIONES

- Los sensores de temperatura y presión relativa monitorizan el aforo de un local, y constituyen un buen complemento de los sensores del CO<sub>2</sub>. Los niveles muy altos o bajos de humedad crean las condiciones adecuadas para que el virus sobreviva por más tiempo, por lo que indicará la urgencia de la ventilación.
- Para el reinicio de clases, es imprescindible considerar el enfoque estratificado que plantea el CDC MINSA (Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades) para reducir las exposiciones al SARS-CoV-2, como mejorar la ventilación, el distanciamiento físico, el uso de mascarillas, el lavado de manos y la vacunación.

## 6.REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Plataforma digital única del Estado Peruano. Coronavirus: variantes de la COVID-19 detectadas en el Perú.  
<https://www.gob.pe/12548coronavirus-variantes-de-la-covid-19detectadas-en-el-peru>
- [2] Organización Mundial de la Salud, Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) y Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. (2020) Consideraciones para las medidas de salud pública relacionadas con la escuela en el contexto de la COVID-19: anexo a las consideraciones para ajustar las medidas sociales y de salud pública en el contexto de la COVID-19, 14 de septiembre de 2020. Organización Mundial de la Salud. Fecha de acceso 15-02-2022  
 Disponible en:  
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/334294>. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO
- [3] MINEDU (2022). Modificación de norma de retorno a la presencialidad Año Escolar 2022. RM 048-2022-MINEDU.
- [4] INSTITUTO NACIONAL DE SALUD. INS (2021). Efecto de las estrategias de reapertura de escuelas en la transmisión de SARS-CoV-2 en niños y adolescentes. Serie Revisiones Rápidas N°06-2021 INS. Lima, Perú. (agosto 2021).
- [5] Reglamento Nacional de Edificaciones–RNE. VIVIENDA (2021). Condiciones Generales de Diseño. Capítulo X Requisitos de Ventilación y Acondicionamiento Ambiental.
- [6] Allen J., Spengler J., Jones E., Cedeno-Laurent J. (2020) Guía en 5 pasos para medir la tasa de renovación de aire en aulas. Harvard Healthy Buildings program [www.ForHealth.org](http://www.ForHealth.org). Fecha de acceso: 15-02-2022. Disponible en: <https://schools.forhealth.org/wp-content/uploads/sites/19/2020/10/Harvard-Healthy-Buildings-program-How-to-assess-classroom-ventilation-10-30-2020-ES.pdf>
- [7] IDAEA-CSIC (2020) Guía para ventilación en aulas. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua, Mesura. España. Fecha de acceso 15-02-2022. Disponible en: [https://www.csic.es/sites/default/files/guia\\_para\\_ventilacion\\_en\\_aulas\\_csic-mesura.pdf](https://www.csic.es/sites/default/files/guia_para_ventilacion_en_aulas_csic-mesura.pdf)
- [8] Reglamento Nacional de Edificaciones-RNE. VIVIENDA (2020). Educación, Numeral III.1 Arquitectura, del Título III Edificaciones, D.S. N° 011-2006-VIVIENDA Resolución Ministerial n° 068-2020-Vivienda. (Modificatoria marzo del 2020).

[9] MINEDU (2021) RM N° 121-2021-MINEDU.pdf pp. 41-43 Revisado: 30-1-2022. Disponible en:  
[https://cdn.www.gob.pe > uploads > document > file](https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file)