




## USEFULNESS OF ARCHITECTURAL DRAWING IN URBAN PLANNING DECISION- MAKING FOR FAÇADE INTERVENTIONS: THE ENSANCHE OF SAN SEBASTIÁN

### *UTILIDAD DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO EN LA TOMA DE DECISIONES URBANÍSTICAS PARA LA INTERVENCIÓN EN FACHADAS: EL ENSANCHE DE SAN SEBASTIÁN*

María Senderos Laka<sup>a1</sup>, José Javier Pérez Martínez<sup>a2</sup>, Iñigo Leon Cascante<sup>a3</sup>,  
Alexander Martín-Garín<sup>a4</sup>

<sup>a</sup> TICBE Research Group, Department of Architecture, Faculty of Engineering of Gipuzkoa,  
University of the Basque Country UPV/EHU, Plaza Europa 1, 20018, Donostia-San Sebastián, Spain.

<sup>a1</sup>maria.senderos@ehu.eus, <sup>a2</sup>josejavier.perez@ehu.eus, <sup>a3</sup>inigo.leon@ehu.eus, <sup>a4</sup>alex.martin@ehu.eus

#### Abstract

The renovation of façades to improve energy efficiency has led to rapid and unregulated change in the landscape of cities. A loss of identity is occurring in urban centres, with previously unknown materials, textures and colours distorting the composition and style of buildings and their respective façade surfacing. This article considers the graphic research conducted to create a pilot system that encourages consistency in façade interventions. Modelling and rendering techniques can generate scenarios to test the consequences of certain regulations. Those graphic techniques were accordingly used to view different regulatory proposals applied to façades. More comparative decision-making based on realistic images is hence achieved, using graphic expression as a decision-making mechanism in urban planning.

**Keywords:** Graphic expression; ventilated façade; energy efficiency renovation; architectural heritage; modelling and rendering; 3D viewing.

#### Resumen

La renovación de fachadas, debida a la mejora de la eficiencia energética, está originando una modificación rápida y no regulada del paisaje de las ciudades. Se está produciendo una pérdida de identidad de los centros urbanos, con materiales, texturas y colores antes desconocidos, que desvirtúan la composición y estilo de los edificios y de los lienzos de fachada a los que pertenecen. En el presente artículo se aborda la investigación gráfica realizada para la creación de un sistema piloto que promueva la coherencia de las intervenciones en fachada. Las técnicas de modelado y renderizado permiten generar escenarios en los que probar las consecuencias de determinadas normas. Por lo tanto, se han utilizado estas técnicas gráficas para la visualización de diferentes propuestas de regulación aplicadas en fachada. Así, se ha logrado una toma de decisiones basada en imágenes realistas, mejor contrastada, y utilizando la expresión gráfica como mecanismo de decisión en el planeamiento urbano.

**Palabras clave:** expresión gráfica; fachada ventilada; rehabilitación energética; patrimonio arquitectónico; modelado y renderizado; visualización 3D.

## 1. INTRODUCTION

The façades of buildings, their form, composition, materials and chromatics, form a large part of the memory and identity of an urban space. Financing provided to improve energy efficiency in buildings has led to accelerated changes affecting cities' façades despite there being more conservative and viable intervention alternatives (Martín-Garín 2021). This phenomenon is increasingly occurring in the Basque Country, where the process has taken place so quickly that there has been no time for reflection. It is in this context that the research project "Pilot System to Promote Environmental Consistency of Façade Interventions by Means of Digital Twins: the Ensanche of San Sebastián" has been developed (Sagarna 2024).

This article shows part of the work done in the research project, specifically focusing on the work package that implements graphic tools as instruments for decision-making and for anticipating future scenarios. This project brings together diverse objectives, among which the following should be highlighted: the creation of a prototype to measure the degree of buildings' vulnerability in façade interventions; the proposal of a regulation developed for unprotected buildings in San Sebastián's Ensanche [urban expansion area]; the transfer of knowledge to students through their participation in a research project; and, lastly, demonstration of the usefulness and importance of using graphic expression when making decisions that regulate interventions in the built heritage.

The project is framed in the Cortázar and Oriental Ensanche areas of San Sebastián, a heritage-sensitive zone with a large number of buildings from the late 19<sup>th</sup> and early 20<sup>th</sup> century, in most cases protected (Martín-Ramos 2004). However, there are some buildings which were not protected due to their construction date, lack of heritage value or the modification of original elements. These buildings have been subject to major renovations, without any regulation concerning their style, materials, composition or colour, whereby such buildings are currently deemed more vulnerable to the risk of suffering change that distorts the identity of their façades; for this reason they were chosen for carrying out the study. Specifically, 105 buildings situated in the Cortázar and Oriental Ensanche areas of San Sebastián were studied to propose a regulation for façade interventions. A graphic study was done of 35 buildings, 5 of

them in the research project and 31 of them in the Graphic Expression III course.

The different intervention proposals were modelled and rendered. This is the fundamental part of the study carried out. The decision to use renders, universal images clearly corresponding to reality and hence without any need for learned codification, responds to the need to pre-evaluate future interventions. Graphic representation close to reality is used here, closer to photography than to the codified artifice implied by a drawing (Llopis 2018: 558).

The heritage research group is attempting to propose a regulation for façade interventions in unprotected buildings in San Sebastián's Ensanche areas. Although in some cases there is absolute consensus on the regulation to implement, in other cases there are doubts or divergent criteria. It is in such cases that drawing can be a major help in decision-making.

Some of these tests focused on highlighting the damage that can be caused by an intervention that does not respect the identity of the Ensanche and the style of the intervened building. Other tests were meant to evaluate the possibilities for intervening through a ventilated façade without demeaning the intervened buildings.

On the one hand, work was done with the Graphic Expression III students, who studied 31 buildings. The orthophoto of the building was obtained, along with a respective graphic survey and an implementation plan for the project of intervening in the building through a ventilated façade. The modelling and rendering of the intervention proposals was then carried out.

On the other hand, the research group scanned 4 buildings chosen as a sampling, their modelling, rendering and current state, as well as the modelling and rendering of various intervention proposals. Also, intervention tests were done by partially modelling the façade of another building so it could be directly superimposed on the respective image. This article explains the work done in the research project with the 5 buildings chosen as a sampling.

### 1.1 ACCURATE DATA-GATHERING ON HERITAGE

Intervention in the built heritage requires that data first be gathered accurately, thereby resulting in substantial progress in protection of buildings (Gil

Piqueras 2010; Calisi 2023). Yet accurate data-gathering on a large urban space, such as an urban expansion area, for example, is nowadays unmanageable for most municipal governments. Decision-making on heritage is therefore done without a reliable record of it. This lack means that municipal governments are forced to create generic regulations that protect buildings or parts of them by means of written texts, despite the existence of alternatives for the accurate modelling of façades in historic urban contexts (Russo 2019). Because there is no precise graphic material on the buildings, the administrations make a detailed description of elements that are protected. However, the lack of a graphic record of the buildings limits the degree of effectiveness of those regulations, showing the obsolescence of normative regulation with respect to the current technological reality (Castellano 2015: 274).

## 1.2 GRAPHIC EXPRESSION IN REGULATIONS

Graphic expression has usually been used to represent and present urban planning. General plans and ground-level studies are basic tools in urban expansion projects. But the use of drawing is not standardized and a great deal of heterogeneity can be found therein (García Domenech 2012). The determination of urban plans requires reflection, in which drawing is a fundamental tool for developing spatial thought (Domingo 2022). It is therefore an area in which the usefulness of architectural drawing is undeniable as a decision-making instrument. However, these urban expansion plans base their use of graphic expression on plot plans. The use of elevation plans, sections, detailed drawings or three-dimensional drawings is not very common in regulations, and less so when making decisions before they are drafted.

## 2. OBJECTIVES

The main objective of the research work was to demonstrate the usefulness of architectural drawing when making urban decisions concerning façade interventions within the scope of protection for built heritage. Although plot plans are commonly used in urban planning regulations and likewise in decision-making, the use of drawings that generate realistic images detailing colours, materials and textures is not common in regulations, nor is it common in decision-making.

The intention was to test the simulations' usefulness in a specific case study, to implement a new work methodology and to resolve any questions arising in debate about façade regulation. Several different work flows were to be tested so they can be validated for future research.

Also, one of the project's purposes was to accredit the importance of studying, testing and viewing the materials, texture, arrangements and chromatics of façades in order to legislate on them.

An attempt was furthermore made to demonstrate the renders' effectiveness as a viewing and awareness tool versus more realistic images. Their effectiveness at distance was tested, in the viewing of distortions created by the modification of a façade's colour and material in a block's façade wall. This tool was also tested close up, to reflect the changes that a material's texture, colour or heterogeneity can create on a façade.

The options institutions have when using the graphic tools within their reach to determine the best solutions for our cities are to be studied. An attempt was made to test the possibilities those options have to show the evident effects of legislation in cities.

## 3. METHODOLOGY

The study of the unprotected buildings in the Ensanche made it possible to develop the respective classification, using the project plans provided by the city council in the municipal archive as well as direct observation and Google Maps tool.

The research work began in the year 2022. It concerns the rapid and uncontrolled transformation of façades driven and financed by Next Generation funds. At the beginning of the research, several buildings were therefore found, which had already undergone intervention and for which there were no previous images. Those images could be obtained thanks to Google Maps (Figs. 1 and 2). It was possible to understand the evolution of a façade's finishing work, its renovation, the modification of the building's enclosure, the change in its composition, etc.

Although this work could have been done previously by consulting the building plans, that analysis would not have been complete. Valuable information such as the building's colours, modifications to the original plan or modifications done over the years by the owners would have been lost.



Fig. 1. Image of the building at Calle Triunfo 1. 2023 (Source: Google Maps, 2015).

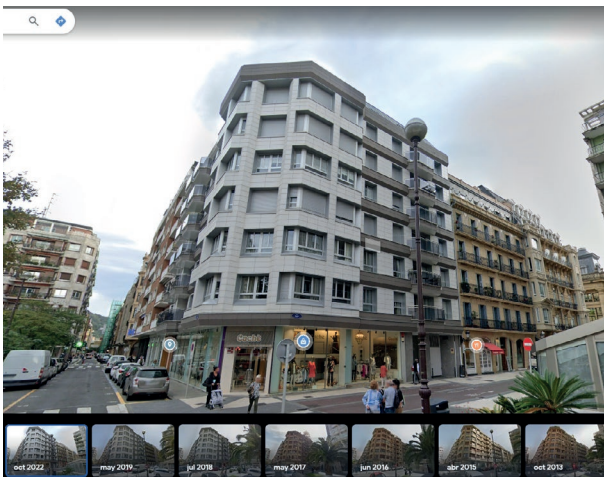


Fig. 2. Image of the building at Calle Triunfo 1. 2023 (Source: Google Maps, 2022).

Google Maps is currently an indispensable tool in all places where it reaches. Although the reading of the buildings is not always what is needed, it does enable simple chronological viewing of buildings from any computer. Even though the use of 3D laser scanners to gather street data will have several incomparable geometric qualities, they do not provide evidence of the respective chronological evolution.

Use of the Google Maps tool for preliminary study of buildings has certain limits. The first and fundamental one is the images' intellectual property, which does not belong to the government; this may result in the loss of that information at any time. In the specific case of San Sebastián there is a free tool implemented by the city council called

Donostia Oinez, which has been scanning the city over the years by means of Mobile Mapping<sup>1</sup>.

Furthermore, the buildings' colours in both Google Maps and Donostia Oinez depend on the weather on the day the photo was obtained and do not take sunlight or projected shadows into consideration; in many cases, the pictures were taken during periods when vegetation made it difficult to discern the entire façade of a building.

An initial classification was based on the analysis and study of all information compiled from the different sources mentioned; it was used to make the choice of the buildings the study would focus on. They are examples within the families they belong to; the proposals developed for them can be extrapolated to other buildings of their family. Two different work flows were developed:

FLOW 01\_ In the 4 buildings analysed by the research group, the same procedure was followed: the scanning was performed, point clouds were obtained and used to do the respective modelling, various façade intervention proposals were modelled and they were rendered.

FLOW 02\_ A faster though less accurate graphic solution was tested; it consisted of making direct simulations on photos of buildings by partially modelling them.

### 3.1 FLOW01\_ SCAN + MODELLING + RENDERING + POST-PRODUCTION

PLANIMETRIC CONSULTATION\_ Consulting the implementation projects of the analysed buildings is a fundamental part of their historical study. Through the plans the projects can be understood, the style of what was meant to be done and the project's quality, etc. (Fig. 3).

SCANNING OF BUILDINGS\_ The chosen buildings were scanned (Fig. 4). In the case study of façades in San Sebastián's Ensanche, certain problems specific to the place's morphology were found. In some streets there is not enough space to obtain complete photos of the façades or to be able to scan them in their entirety. The buildings' height along with the narrowness of some streets does not allow an integral view of the buildings. In these case entry into the buildings opposite was arranged, from which the photographic and scanning information could be obtained. Another problem encountered is the existence of trees on

<sup>1</sup> <https://www.donostia.eus/DonostiaOinez/>

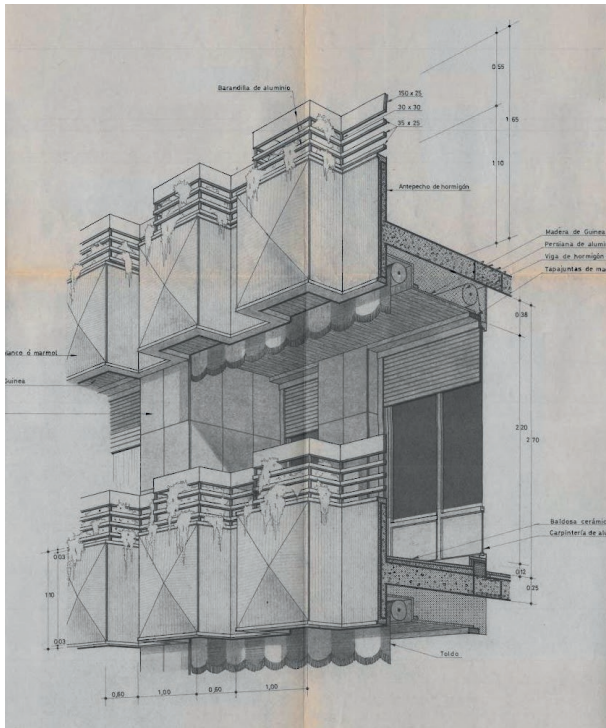


Fig. 3. Axonometric view of the façade of San Martín 59. Carlos Casla Echarri, 1973. (Source: Municipal Archive of San Sebastián, 2023).

many sidewalks, which hinders street gathering of data on both the building and the whole block.

The mass capture of the geometry and textures of buildings by 3D laser scanner is a resource that enables a large amount of information to be obtained quickly from medium and long distances with very high accuracy. The Leica RTC 360 scanner was used due to its range (130 m) and scan speed, as the device does not have to be levelled and it captures 360° spherical images in HDR in a short time, generating a colour point cloud. In the methodological flow of the 3D scanning, 5 stages are normally followed. First of all, a scanning plan is usually conceived, to estimate the number of scanner positions according to the difficulty of the space around the building. It is recommended that that plan should estimate whether the scan is to be done in low, medium or high resolution. Now at the site, the second stage can consist of surveying the control points in UTM coordinates using either total station or GPS. In third place, the scanning plan is specified at each intended point. In this stage a mobile device was used to pre-process the work in the field while the scans were being done. The Leica Cyclone FIELD 360 application was used for this (Fig. 5). While new point clouds were



Fig. 4. Image of the building scanning process SAMPLE 04, Calle Easo 7. (Source: own production, 2023).

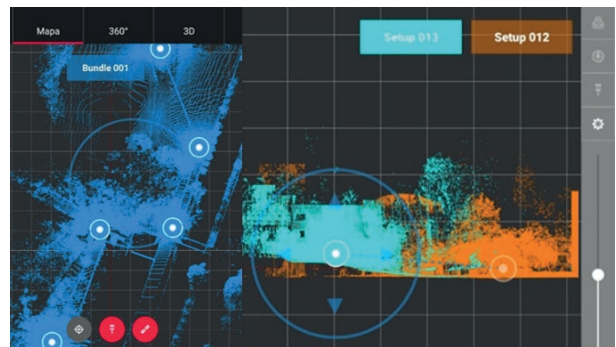


Fig. 5. Pre-processing of scans with FIELD. (Source: own production, 2023).

captured, the previous ones were overlapped and recorded in a tablet connected to a WiFi network that the scanner generates.

After that, the fourth stage is done at the office and consists of processing the information obtained in the field to obtain the final result in the format of point clouds and a 360° panoramic image (Fig. 6). This process was performed with Leica Cyclone Register software and carried out in 4 steps: import data, review and optimize, finalize (and generate different files), and produce an accuracy report. After analysing the suitability of the mergers, they have to be reviewed and optimized per the settings for “Link error”, “Overlap” and “Strength” (Fig. 7).

The cloud can be exported to multiple formats (LGS, e57, RCP, etc) so that the project's partners can work in their environments and software. Finally, the point cloud file was imported in.rcp format in Revit to begin the modelling (Fig. 8).

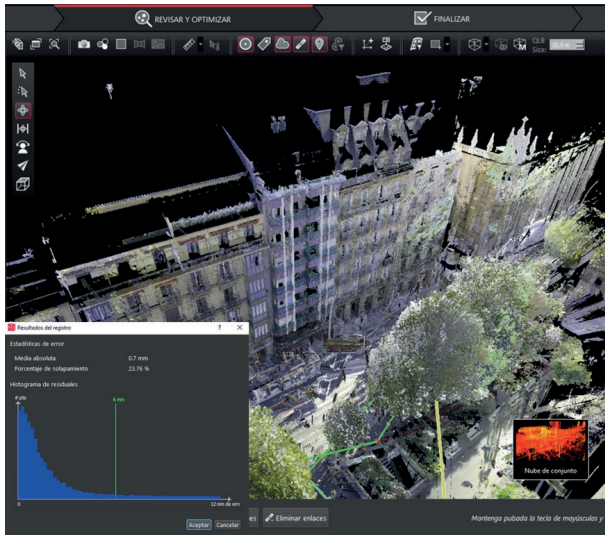


Fig. 6. Cloud of the whole and result of the merger of two clouds in Cyclone Register 360. (Source: own production, 2023).

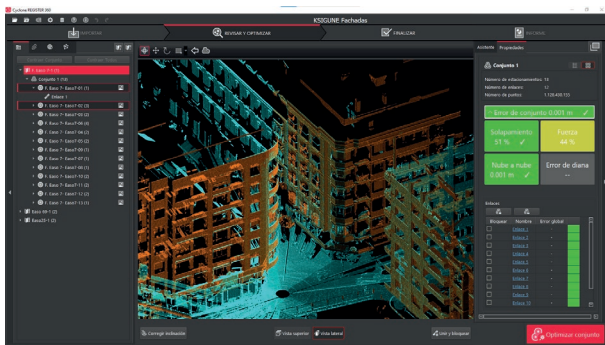


Fig. 7. Review and optimizations in Cyclone Register 360 cloud-to-cloud and accuracy settings. (Source: own production, 2023).

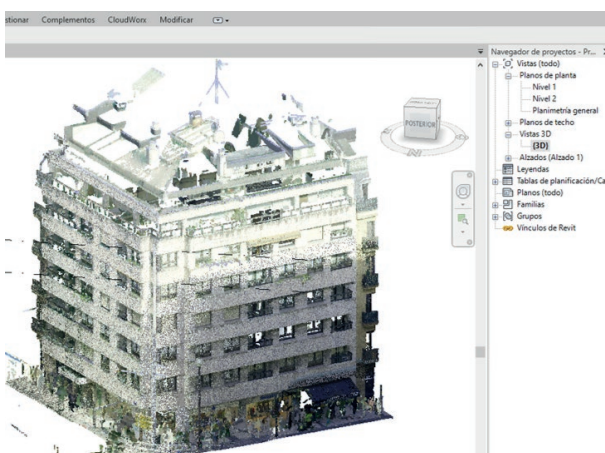


Fig. 8. Insertion of the point cloud in.rcp format in Autodesk's Revit. (Source: own production, 2023).

MODELLING AND RENDERING OF THE CURRENT STATE\_ The aim of the modelling of the current state is to serve as the basis for implementing intervention proposals. The images obtained were rendered so that they could be compared with images of the intervention proposals (Fig. 9).

The four buildings chosen as a sampling were modelled and rendered; the modelling began using the Revit software. When the basic geometry such as the façades, framework, exterior finishing, roof and surroundings were represented, the file was imported to 3ds Max in order to model other elements requiring more detail. The Chaos Group's V-Ray rendering engine was used. Various additional plug-ins such as RailClone, Forest Pack or FloorGenerator were also used. Those plug-ins aid the modelling in a specific manner.

The option of direct lighting was used to avoid contrasts and thereby be able to study the relationship with the surroundings as best as possible. To do this, the sun was positioned so that its rays fall indirectly on the façade. It was also decided to recreate a cloudy sky so that the light would be homogeneous.

The cameras were arranged in positions that favoured an ample view of the building, perspectives that are not possible due to the existence of buildings or obstacles, making use of the advantage of the virtual cameras' freedom of movement (Fig. 10).

Finally, the V-Ray rendering engine was used and post-production of the images obtained was performed with Photoshop.

MODELLING AND RENDERING OF THE INTERVENTION PROPOSAL\_ The current state models obtained were used as the basis for testing different intervention proposals with various colours, textures and arrangements (Figs. 11 and 12). In all the cases, whether the intervention proposal was considered appropriate or demeaning, these proposals generate images that enrich discussion and help make decisions.

The work flow was similar to that used for modelling the current state, with some specificities arising from the need to model a ventilated façade. To do this modulation the FloorGenerator plug-in was used, by which the panel compositions can be parameterized. To generate other types of geometry such as railings



Fig. 9. Modelling and rendering of the building SAMPLE 04, Calle Easo 7. (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).



Fig. 10. Modelling of the building SAMPLE 03, Calle Easo 25. (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).

or the streets themselves, the Rail Clone plug-in was used, which is able to parameterize complex elements without the need to model each of the respective parts. For the scattering of randomly distributed people, plants and elements, Forest Pack was used. The other elements were modelled using the specific tools of 3ds Max or, to a lesser extent, they were imported fully modelled and were retextured or remodelled to fit the model's context. Once modelled, the geometry was texturized.

### 3.2 FLOW02\_ MODELLING AND RENDERING OF PROPOSALS ON PHOTOGRAPHS

Besides the four buildings selected as examples for the façade simulations, the need to conduct tests in buildings not scanned or modelled was identified. It is in these cases that a mesh of a virtual façade in a real environment was performed (Figs. 13 and 14). The infographic is integrated in the photo, forming a photo-infographic, with a degree of realism that makes it hard to distinguish between reality and drawing (Franco 2011: 61).



Fig. 11. Modelling and rendering of the building SAMPLE 03, Calle Easo 25. (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).



Fig. 12. Modelling and rendering of a test intervention in building SAMPLE 03, Calle Easo 25. (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).





Fig. 13. Photograph of Calle Idiakez 6 (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).



Fig. 14. Modelling and rendering on photograph for the building at Calle Idiakez 6. (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).

This process was carried out by directly modelling over the original image, using 3dsMax. To that end, the image was inserted as background in the viewport. Once the background image was placed in the working environment, the camera was defined to establish the image's vanishing points. Once the camera and the vanishing points were established, the new façade was modelled according to the methodology used in the four buildings chosen as a sampling. In this case, the modelling did not correspond to real measurements but rather to proportional measurements.

The ambient light and the direct light falling on the façade were subsequently calibrated and the materials were then applied. When the required level of realism was obtained, the image was rendered and was finished by editing in Photoshop.

#### 4. RESULTS

In the FLOW01 the point cloud of the façades of 4 buildings and of a large part of the Easo street was obtained. This point cloud served for the modelling of the façades of four sample-buildings

and the respective adjacent buildings. The current state of those full façade views was subsequently rendered.

Different proposals for intervention in the chosen representative buildings were tested. This is considered a fundamental tool to foresee the appearance of the interventions that can be done and the impact on the surroundings. The images obtained with the façade rendering are of high quality, showing not only the materials of the proposal, but also the arrangements, the composition and even the texture of the material chosen (Figs. 15-18).

In the FLOW02 the façade has been partially modelled, depending on the photograph with which it is going to be merged. Although the model lacks precision, the images obtained are more realistic and the procedure is simpler. It has certain limitations due to the width of the roads since, in some cases, the narrowness of the streets produces photographs with low angles in which it is difficult to understand the façade and which are not suitable for photomontages. In this flow, data collection of the building has not been carried



Figs. 15 and 16. Modelling and rendering of different intervention tests to measure the extent of integration of the solution adopted on the respective façade, analysing its relationship with the adjacent buildings. Building SAMPLE 01, Calle Easo 69. (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).



Figs. 17 and 18. Modelling and rendering of different intervention proposals to analyse the materials, colour and arrangement of the intervention proposals. Building SAMPLE 01, Calle Easo 69. (Source: own production, Joanes Caramazana, 2023).

out, nor has the entire building been modelled and, therefore, it is a work carried out exclusively to obtain the desired images of a certain façade modification.

In this project, modelling and rendering techniques have been used to simulate proposals for intervention on the façade in order to validate urban planning regulations. The proposed lines of action are organized as follows:

1. Carrying out an inventory of the buildings that you want to regulate.
2. Classification of buildings into subgroups based on the parameters that you want to study. In the specific case of facades, a classification is made based on their architectural style.
3. Preparation of the preliminary regulation of the buildings studied.
4. Identification of questions in the preliminary regulation.
5. Establishment of the sample buildings in which the simulations will be carried out and whose results must be extrapolated to the group of buildings.
6. Design of the simulations to be carried out in each of the sample buildings.
7. Choice of the most appropriate flow in each of the sample buildings based on the conditions of the place, the building and the required modification.
8. Carrying out the planned simulations.
9. Decision making based on the assessment of the simulations carried out. Possible design of new simulations.

## 5. CONCLUSIONS

The choice of sample-buildings to reflect on the type of regulation needed in each family of buildings was very satisfactory. These virtual proposals cannot be generalized for each of the buildings affected by a given regulation. The correct choice of the representative study building is key for correct and efficient use when making decisions.

The comparison between the work flows used indicated that FLOW02 was more effective. Although FLOW01 is more rigorous and can obtain a very accurate model of the current state, to

which information can be added, it was deemed excessively long and expensive for the purpose sought in this specific project. It must be borne in mind that the graphic part used comprised images from intervention proposals. Although the images from the tests performed for the four sample-buildings are very high-quality, the flow of partial modelling and rendering of the façade in FLOW02 is even more realistic and much faster and more cost effective.

Following the work approach of FLOW02, a new line of research is opened related to the implementation of Artificial Intelligence (AI) specifically designed for applications in the field of architecture. Starting from a photograph of the existing façade or a sketch, it is possible to analyze different design options with a very high degree of realism. It should be noted that the configuration of the simulations allows a greater or lesser degree of freedom to be granted to the simulation engine during the scene creation process. In addition, it allows you to include descriptions through the prompt that speed up the definition of the result you want to achieve with greater precision. It seems, therefore, that the implementation of AI for the analysis of intervention proposals on facades may be an interesting option.

The usefulness of the renders was more effective at distance. Their effectiveness was proven when demonstrating the effect that a façade intervention may generate in its respective block. Close up, the level of detail required to understand the connotations of the intervention performed is very high. Their nature as a hyper-realistic image, precise photo of reality, should be monitored. The homogenizing effect resulting from rendering in images distorts this intended authenticity, showing images more harmonic than those from reality. This effect should be controlled if the aim is to show the distortion that a given intervention might generate, a realistic non-idealized image.

As the BIM work flow becomes more widely used in the professional environment, public administrations will be able to count on 3D models that contain all information from the building's different construction phases. This BIM model will contain all the information, both graphic and constructive, and that base can be used faster and more simply to make generic simulations. These BIM models can be used, on the one hand, to make planning decisions and, on the other, to verify with realistic images the compliance with

current regulations. Furthermore, these 3D models can enable more prior viewing options, including immersive experiences through virtual reality or even augmented reality. With the use of appropriate glasses, those involved can eventually move about in a virtual urban environment and experience how passers-by might react to the different proposals.

It should also be noted that among the future lines of action is raising citizen awareness regarding the protection and safeguarding of our cities. It is essential to involve society in the protection of heritage. Citizens must be turned into active agents, concerned about the matter, promoting the action of public administrations and getting involved in the improvement of their buildings. That is why we want to undertake a dissemination, awareness and transfer plan.

In conclusion, the usefulness of graphic elements for making decisions in urban planning regulation was proven and it can be stated that drawing is a necessary and very useful tool for viewing the

effects that a given regulation may cause for a building and its surroundings.

## ACKNOWLEDGEMENTS

It was possible to conduct this research thanks to the aid granted within the competitive call for Connections, Collaborative Projects between Higher Education and Cultural and Creative Institutions of the Basque Country, of the KSIgune cluster of Cultural and Creative Industries. It also counted the collaboration of the City Council of San Sebastián, the Basque/Navarre Association of Architects, the company ULMA Architectural Solutions and the technical architect and modelling and rendering expert Joanes Caramanzana.

The research set out in this article is framed within the activities of the TICBE (Technological Innovation and Creativity for the Built Environment) Research Group, recognized by the "Call for Assistance for Research Groups of the UPV/EHU (2022)" with code GIU22/001.

## REFERENCES

- Calisi, Daniele; Botta, Stefano; Cannata, Alessandro. 2023. "Integrated Surveying, from Laser Scanning to UAV Systems, for Detailed Documentation of Architectural and Archeological Heritage" *Drones* vol. 7, no. 9, 568. <https://doi.org/10.3390/drones7090568>
- Castellano Román, Manuel. 2015. "Generación de un modelo de información del patrimonio inmueble en el momento de su protección jurídica", *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 20, no. 26, 266–277. <https://doi.org/10.4995/ega.2015.4060>.
- Domingo Gresa, Jorge; Marcos Alba, Carlos Luis; Juan Gutiérrez, Pablo Jeremías. 2022. "Arquitectura, abstracción y sistemas de orden. Estrategias de ideación gráfica". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 27, no. 44, 202–219. <https://doi.org/10.4995/ega.2022.15682>.
- Franco Taboada, José Antonio. 2011. "Sobre perspectiva, fotografía e infografía. Apuntes para una fenomenología de la representación". *EGA. Revista de Expresión Gráfica Arquitectónica*, no. 17, 54–65. <https://doi.org/10.4995/ega.2011.883>
- García Doménech, Sergio; Ros McDonell, Diego; Martí Ciriquián, Pablo. 2012. "La expresión gráfica en los proyectos de ordenación urbana. Antecedentes históricos y una apuesta de normalización". *EGA Expresión Gráfica Arquitectónica*, vol. 17, no. 20, 202–213. <https://doi.org/10.4995/ega.2012.1442>.
- Gil Piqueras, Teresa; Rodríguez-Navarro, Pablo. 2010. "El levantamiento topográfico como método de puesta en valor del patrimonio arquitectónico: dos proyectos en dos continentes". In Universidad de Alicante, ed. *X Congreso Internacional de Expresión Gráfica aplicada a la Edificación. Nuevas líneas de investigación en Ingeniería de Edificación*. España: Marfil S.A., pp. 509–518. ISBN 978-84-2681-528-6, 978-84-268-1529-3.
- Llopis-Verdú, Jorge. 2018. "El paradigma fotográfico del dibujo arquitectónico digital". *Arte, Individuo y Sociedad*, vol. 30, no. 3, 557–573. <https://doi.org/10.5209/ARIS.58128>

Martín-Garín, Alexander; Millán-García, José Antonio; Terés-Zubiaga, Jon; Oregi, Xabat; Rodríguez-Vidal, Iñigo; Baïri, Abderrahmane. 2021. "Improving Energy Performance of Historic Buildings through Hygrothermal Assessment of the Envelope". *Buildings*, vol. 11, no. 9, 410. <https://doi.org/10.3390/buildings11090410>

Martín-Ramos, Ángel. 2004. *Los Orígenes del Ensanche Cortázar de San Sebastián*. Barcelona: Fundación Caja de Arquitectos, ISBN 8493370142.

Russo, Michele; Carnevali, Laura; Russo, Valentina; Savastano, Davide; Taddia, Yuri. 2019. "Modeling and deterioration mapping of façades in historical urban context by close-range ultra-lightweight UAVs photogrammetry", *International Journal of Architectural Heritage*, vol. 13, no. 4, 549-568. <https://doi.org/10.1080/15583058.2018.1440030>.

Sagarna, Maialen; Senderos, María; Azpiri, Ana; Roca, Mireia; Mora, Fernando; Otaduy, Juan Pedro. 2024. "Energy Efficiency versus Heritage—Proposal for a Replicable Prototype to Maintain the Architectural Values of Buildings in Energy Improvement Interventions on Facades: The Case of the Expansion of San Sebastián" *Coatings*, vol. 14, no. 4, 422. <https://doi.org/10.3390/coatings14040422>.

**How to cite this article:** Senderos Laka, M., Pérez Martínez, J.J., Leon Cascante, I., & Martín-Garín, A. 2024. "Usefulness of architectural drawing in urban planning decision-making for façade interventions: the Ensanche of San Sebastián" *EGE Revista de Expresión Gráfica en la Edificación*, No. 20, Valencia: Universitat Politècnica de València. pp. 22-40. <https://doi.org/10.4995/ege.2024.20898>.

# UTILIDAD DEL DIBUJO ARQUITECTÓNICO EN LA TOMA DE DECISIONES URBANÍSTICAS PARA LA INTERVENCIÓN EN FACHADAS: EL ENSANCHE DE SAN SEBASTIÁN

## 1. INTRODUCCIÓN

Las fachadas de los edificios, su forma, composición, materialidad y cromatismo, conforman gran parte de la memoria e identidad de un espacio urbano. La financiación proporcionada para la mejora de la eficiencia energética en los edificios está generando la modificación acelerada de las fachadas de las ciudades a pesar de existir alternativas más conservadoras y viables de intervención (Martín-Garín 2021). Este fenómeno está desarrollándose de manera acentuada en el País Vasco, en un proceso tan rápido que no ha dado tiempo para la reflexión. Es en este contexto en el que se desarrolla el proyecto de investigación “Sistema piloto para promover la coherencia ambiental de las intervenciones en fachada a través de gemelos digitales: el ensanche de San Sebastián” (Sagarna, 2024).

El presente artículo muestra parte del trabajo realizado dentro del proyecto de investigación, centrándose específicamente en el paquete de trabajo que implementa herramientas gráficas como instrumento para la toma de decisiones, así como la anticipación de escenarios futuros. Este proyecto aglutina diversos objetivos, entre los que cabe destacar: la creación de un prototipo para medir el grado de vulnerabilidad de los edificios ante las intervenciones en fachada; la propuesta de una regulación desarrollada para los edificios no protegidos del ensanche de San Sebastián; la transferencia de conocimiento al alumnado a través de su participación en un proyecto de investigación y, por último, la demostración de la utilidad e importancia del uso de la expresión gráfica en la toma de decisiones para la regulación de las intervenciones en el patrimonio construido.

El proyecto se enmarca en el ensanche Cortázar y Oriental de San Sebastián, zona patrimonialmente sensible, con gran cantidad de edificios de finales del siglo XIX y principios del XX, protegidos en la mayoría de los casos (Martín-Ramos 2004). Sin embargo, existen una serie de edificios, que, por su fecha de construcción, falta de valor patrimonial o por su modificación de elementos originales, no se han protegido. Estos edificios están sufriendo reformas sustanciales sin ninguna regulación relacionada con su estilo, materialidad, composición o color, por lo que son los edificios que, en este momento, se han considerado más vulnerables frente al riesgo de sufrir una modificación que desvirtúe la identidad de sus fachadas, razón por la cual han sido elegidos para la realización del estudio. En concreto, se han estudiado 105 edificios situados en el ensanche Cortázar y Oriental de San Sebastián para proponer una regulación de las intervenciones en fachada. Se ha realizado el estudio gráfico de 35 edificios, 5 de ellos dentro del proyecto de investigación y 31 de ellos dentro de la asignatura Expresión Gráfica III.

Se ha llevado a cabo el modelado y renderizado de diferentes propuestas de intervención. Esta es la parte fundamental del estudio realizado. La decisión de utilizar renders, imágenes universales con una clara correspondencia con la realidad y, por lo tanto, sin necesidad de una codificación aprendida, responde a la necesidad de pre-evaluar intervenciones futuras. Se utiliza aquí una representación gráfica cercana a la realidad, más próxima a la fotografía que al artificio codificado que supone un dibujo (Llopis 2018: 558).

El grupo de investigación patrimonial está tratando de proponer una regulación para las intervenciones de fachada en los edificios no protegidos del ensanche de San Sebastián. Si bien en algunos casos el consenso es absoluto sobre la regulación a implementar, en otros casos existen dudas o criterios divergentes. Es en esos casos en los que el dibujo puede ayudar de forma significativa en la toma de decisiones.

Algunas de estas pruebas se han enfocado en evidenciar el daño que una intervención poco respetuosa con la identidad del ensanche y con el estilo del edificio intervenido puede provocar. Otras pruebas han estado encaminadas a evaluar las posibilidades de intervenir a través de fachada ventilada sin despensonalizar los edificios intervenidos.

Por un lado, se ha realizado un trabajo con el alumnado de Expresión Gráfica III, en el que se han estudiado 31 edificios. Se ha obtenido la ortofoto del edificio, el levantamiento gráfico del mismo y un proyecto de ejecución de la propuesta de intervención en el edificio a través de fachada ventilada. Se ha efectuado el modelado y renderizado de las propuestas de intervención.

Por otro lado, el grupo de investigación ha realizado el escaneado de 4 edificios escogidos como muestra, su modelado, renderizado del estado actual, así como el modelado y renderizado de diversas propuestas de intervención. Asimismo, se han realizado pruebas de intervención a través del modelado parcial de la fachada de otro edificio para su superposición directa sobre la imagen del mismo. En el presente artículo se expone el trabajo realizado dentro del proyecto de investigación con los 5 edificios escogidos como muestra.

### 1.1 TOMA DE DATOS PRECISA EN EL PATRIMONIO

La intervención en el patrimonio construido requiere una primera toma de datos precisa, que supone un avance sustancial en la protección de los edificios (Gil Piqueras 2010; Calisi 2023). Sin embargo, la toma de datos precisa de un espacio urbano de grandes dimensiones, como un ensanche, por ejemplo, es hoy por hoy inabarcable por la mayoría de ayuntamientos. Por lo tanto, la toma de decisiones sobre el patrimonio se realiza sin un registro fiable del mismo. Esta carencia

obliga a los ayuntamientos a crear normas genéricas en las que se protegen edificios o partes de los mismos, a través de textos escritos a pesar de la existencia de alternativas para el modelado de precisión de fachadas en contextos urbanos históricos (Russo 2019). Dado que se carece de material gráfico exacto sobre los edificios, las administraciones realizan una descripción pormenorizada de los elementos que quedan protegidos. Sin embargo, la falta de un registro gráfico de los edificios limita el grado de eficacia de estas normas, mostrando lo obsoleto de la regulación normativa respecto a la realidad tecnológica actual (Castellano 2015: 274).

## 1.2 EXPRESIÓN GRÁFICA EN LA NORMATIVA

La expresión gráfica se ha utilizado de manera habitual para la representación y presentación de la planificación urbana. Los planos generales y los estudios de rasantes son herramientas básicas en los proyectos de ensanche. Sin embargo, esta utilización del dibujo no está normalizada y se puede encontrar una gran heterogeneidad en la misma (García Domenech 2012). La definición de planes urbanísticos requiere de una reflexión en la que el dibujo es la herramienta fundamental para el desarrollo del pensamiento espacial (Domingo 2022). Por lo tanto, es un ámbito en el que la utilidad del dibujo arquitectónico es incuestionable como instrumento para la toma de decisiones. Sin embargo, estos planes de ensanche basan su utilización de la expresión gráfica en los planos de planta. No es tan usual el empleo de planos de alzado, secciones, dibujos de detalle o dibujos en tres dimensiones en la normativa, y menos en la toma de decisiones previa a la redacción de la misma.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo principal del trabajo de investigación ha sido demostrar la utilidad del dibujo arquitectónico en la toma de decisiones urbanísticas referidas a la intervención en fachadas, dentro del ámbito de la protección del patrimonio construido. Si bien los planos de planta están generalizados en la normativa urbanística y su utilización para la toma de decisiones también, el uso de dibujos en los que se generen imágenes realistas detallando colores, materiales y texturas no es habitual en la normativa y tampoco lo es en la toma de decisiones.

Se ha querido probar la utilidad de las simulaciones en un caso concreto de estudio, para implementar una nueva metodología de trabajo y resolver las dudas surgidas en el debate propio de la regulación de fachadas. Se quieren probar varios flujos de trabajo diferentes, de manera que se puedan validar para investigaciones futuras.

Asimismo, otro de los propósitos del proyecto ha sido acreditar la importancia de estudiar, ensayar y visualizar la materialidad, textura, despiece de juntas y cromatismo de las fachadas, para poder legislar sobre ellas.

Además, se ha tratado de demostrar la eficacia de los renders como herramienta de visualización y sensibilización ante imágenes más realistas. Se ha probado su eficacia en la escala lejana, en la visualización de las distorsiones creadas por la modificación del color y material de una fachada dentro de un lienzo de fachada de una manzana. Igualmente, se ha probado esta herramienta en la escala cercana, a la hora de reflejar los cambios que la textura, el color o la heterogeneidad de un material pueden crear en una fachada.

Se quieren estudiar las opciones que tienen las instituciones en la utilización de herramientas gráficas a su alcance para la determinación de las mejores soluciones para nuestras ciudades. Se ha tratado de probar las posibilidades que estas opciones tienen a la hora de evidenciar los efectos de la legislación en las ciudades.

## 3. METODOLOGÍA

El estudio de los edificios no protegidos del ensanche ha permitido desarrollar la clasificación de los mismos, utilizando tanto los planos de proyecto facilitados por el ayuntamiento en el archivo municipal, como la observación directa y la herramienta Google Maps.

La investigación llevada a cabo empieza en el año 2022. Se trata de la transformación rápida e incontrolada de las fachadas potenciada y financiada por los fondos Next Generation. Por lo tanto, al comienzo de la investigación se encuentran una serie de edificios que ya han sido intervenidos y de los que no se tienen imágenes previas. Estas imágenes se han podido obtener gracias a Google Maps (Fig. 1 y 2). Se ha podido entender la evolución de la carpintería de una fachada, su reforma, la modificación de la envolvente de un edificio, el cambio en su composición, etc.

Si bien este trabajo anteriormente se podría haber hecho consultando los planos del edificio, este análisis no hubiera sido completo. Se hubiera perdido información tan valiosa como los colores del edificio, modificaciones introducidas en el proyecto original o modificaciones realizadas a lo largo de los años por los propietarios.

En este momento Google Maps representa una ayuda imprescindible en todos aquellos lugares a los que llega. Si bien la lectura de los edificios no siempre es la que se necesita, permite ver el desarrollo cronológico de los edificios, de manera sencilla, desde cualquier ordenador, ya que pese a que la utilización del escáner láser 3D, para la toma de datos de una calle, va a tener una serie de cualidades geométricas incomparables, no aporta la evidencia de su evolución cronológica.

La utilización de la herramienta Google Maps para el estudio preliminar de los edificios tiene ciertas limitaciones. La primera y fundamental es la propiedad intelectual de las imágenes, que no pertenece a la administración, lo que puede llevar a la pérdida de esta información en cualquier momento. En el caso concreto

de San Sebastián existe una herramienta gratuita implementada por el ayuntamiento, denominada Donostia Oinez, en la que se ha ido escaneando la ciudad, a lo largo de los años, mediante Mobile Mapping<sup>2</sup>.

Además de ello, los colores de los edificios tanto de Google Maps como de Donostia Oinez dependen de la climatología del día en el que se obtiene la fotografía, no tienen en consideración la luz solar ni las sombras proyectadas y, en muchos casos, las imágenes están tomadas en épocas en las que la vegetación no permite distinguir la totalidad de la fachada de un edificio.

A partir del análisis y estudio de toda la información recabada desde las diferentes fuentes mencionadas, se ha realizado una primera clasificación, a partir de la cual se ha llevado a cabo la elección de los edificios sobre los que se realizará el estudio. Estos son ejemplares dentro de las familias a las que pertenecen y las propuestas que se desarrollen en los mismos pueden ser extrapolables para el resto de edificios de su familia. Se han desarrollado dos flujos de trabajo diferentes:

FLUJO 01\_ En los 4 edificios analizados por el grupo de investigación se ha seguido el mismo procedimiento: se ha realizado el escaneo, se han obtenido nubes de puntos desde las que se ha realizado el modelado de los mismos, se han modelado diversas propuestas de intervención en fachada y se han renderizado.

FLUJO 02\_ Se ha probado una solución gráfica más rápida, aunque menos precisa, que ha consistido en la realización de simulaciones directas sobre fotografías de edificios, a través del modelado parcial de las mismas.

### 3.1 FLUJO01\_ ESCANEADO + MODELADO + RENDERIZADO + POSTPRODUCCIÓN

CONSULTA PLANIMETRÍA\_ La consulta de los proyectos de ejecución de los edificios analizados es una parte fundamental del estudio histórico de los mismos (Fig. 3). A través de los planos se pueden entender los proyectos, el estilo de lo que se pretendía hacer, la calidad del proyecto, etc.

ESCANEADO DE EDIFICIOS\_ Se ha llevado a cabo el escaneo de los edificios elegidos (Fig. 4). En el caso concreto del estudio de las fachadas del ensanche donostiarra, se han encontrado ciertas dificultades propias de la morfología del lugar. En algunas calles no hay espacio suficiente para obtener fotografías completas de las fachadas o poder escanear las fachadas en su totalidad. La altura de los edificios unida a la estrechez de algunas vías no permite la visión de los edificios íntegramente. En estos casos se ha gestionado la entrada a edificios enfrentados desde los que poder obtener la información fotográfica y la de escaneo. Otra de las dificultades encontradas es la existencia de arbolado en muchas de las aceras, que impide la toma de datos desde la calle, tanto del edificio como del conjunto de la manzana.

La captura masiva de la geometría y texturas de los edificios mediante escáner láser 3D es un recurso que permite obtener de manera rápida gran cantidad de información desde medias y largas distancias con una precisión muy elevada. Se ha utilizado el escáner RTC 360 de Leica por su alcance (130 m) y rapidez de escaneo, ya que no es necesario nivelar el aparato y captura imágenes esféricas 360 en HDR, en un tiempo reducido, generando una nube de puntos a color. En el flujo metodológico del escaneo 3D se suelen seguir 5 etapas. En primer lugar, se suele realizar un plan de escaneo, para estimar el número de posicionamientos del escáner en función de la dificultad del espacio circundante al edificio. En dicho plan se recomienda que se estime si el escaneo se va a realizar en resolución baja, media o alta. Estando ya sobre el terreno, la segunda etapa puede consistir en el levantamiento de puntos de control en coordenadas UTM ya sea mediante estación total o GPS. En tercer lugar, se materializa el plan de escaneo en cada punto previsto. En esta etapa se ha utilizado un dispositivo móvil para ir pre-procesando, en campo, el trabajo mientras se realizaban los escaneos. Para ello se ha utilizado la aplicación Cyclone FIELD 360 de Leica (Fig. 5). Mientras se capturaban nuevas nubes de puntos, las anteriores se han ido solapando y registrando en una tablet que se conecta a una red Wifi que genera el escáner.

Tras ello, la cuarta etapa se desarrolla en oficina, y se corresponde con el procesado de la información obtenida en campo, para la obtención del resultado final en formato de nubes de puntos e imagen panorámica 360 (Fig. 6). Este procesado se ha realizado con el software Cyclone Register de Leica y se desarrolla en 4 pasos: importar datos, revisar y optimizar, finalizar (y generar diferentes archivos), así como producir un informe de precisión. Tras analizar la idoneidad de las uniones hay que ir revisando y optimizando dichas uniones atendiendo a los parámetros de "Error de enlace", "Solapamiento" y "Fuerza" (Fig. 7).

Se puede exportar la nube a múltiples formatos (LGS, e57, RCP, etc.) para que los socios del proyecto puedan trabajar en sus entornos y softwares. Finalmente, se ha importado el archivo de nube de puntos en formato ".rcp" en Revit para iniciar el modelado (Fig. 8).

MODELADO Y RENDERIZADO DEL ESTADO ACTUAL\_ El objetivo del modelado de estado actual es servir de base para la implementación de propuestas de intervención. Se han renderizado las imágenes obtenidas con el fin de poderlas comparar con las imágenes de las propuestas de intervención (Fig. 9).

Se ha llevado a cabo el modelado y renderizado de los cuatro edificios elegidos como muestra. Para ello se ha comenzado modelando con el software Revit. Una vez representada la geometría básica, como son las fachadas, forjados, carpinterías exteriores, cubierta y entorno, se ha procedido a importar el archivo a 3ds Max, con el fin de modelar otros elementos que requieren mayor detalle. Se ha utilizado el motor de renderizado

<sup>2</sup> <https://www.donostia.eus/DonostiaOinez/>



Vray de Chaos Group. Además, se han utilizado varios plugins adicionales como RailClone, Forest Pack o FloorGenerator. Estos plugins asisten al modelado de forma específica.

Se ha optado por utilizar una iluminación indirecta, para evitar contrastes y, así, poder estudiar su relación con el entorno de la mejor manera posible. Para ello, se ha situado el sol de forma que los rayos incidan indirectamente en la fachada. Además, se ha optado por recrear un cielo nublado para que la luz sea homogénea.

Las cámaras se han dispuesto en posiciones propicias para una visión amplia del edificio, perspectivas que no son posibles por la existencia de edificios u obstáculos, aprovechando la ventaja de la libertad de movimiento de las cámaras virtuales (Fig. 10).

Finalmente, se ha utilizado el motor de renderización Vray, y se ha realizado una postproducción de las imágenes obtenidas con Photoshop.

**MODELADO Y RENDERIZADO DE LA PROPUESTA DE INTERVENCIÓN\_** Los modelos de estado actual obtenidos se han utilizado como base para probar diferentes propuestas de intervención, con materiales, colores, texturas y despieces diversos (Fig. 11 y 12). En todos los casos, tanto si la propuesta de intervención se considera adecuada como si se considera degradante, estas propuestas generan imágenes que enriquecen el debate y ayudan a tomar decisiones.

El flujo de trabajo ha sido similar al utilizado para el modelado del estado actual, con algunas especificidades propias de la necesidad de modelar una fachada ventilada. Para efectuar esta modulación se ha utilizado el plugin de Floor Generator, mediante el cual se pueden parametrizar las composiciones de paneles. Para generar otros tipos de geometría como barandillas o las propias calles, se ha utilizado el plugin de Rail Clone, capaz de parametrizar elementos complejos sin necesidad de modelar cada una de sus partes. Para el scattering de personas, vegetación y elementos repartidos al azar se ha utilizado Forest Pack. El resto de elementos han sido modelados usando las herramientas propias de 3ds Max o, en menor medida, han sido importados completamente modelados y se han retexturizado o remodelado para adecuarlos al contexto del modelo. Una vez modelada la geometría se ha texturizado.

### 3.2 FLUJO02\_ MODELADO Y RENDERIZADO DE PROPUESTAS SOBRE FOTOGRAFÍAS

Además de los cuatro edificios elegidos como ejemplares para las simulaciones de fachada, se ha visto la necesidad de realizar pruebas en edificios no escaneados ni modelados. Es en estos casos en los que se ha realizado un encaje de una fachada virtual en un entorno real (Fig. 13 y 14). La infografía se integra en la fotografía formando una foto-infografía, con un grado de realismo que dificulta la diferenciación entre realidad y dibujo (Franco 2011: 61).

Este proceso se ha realizado modelando sobre la imagen original directamente desde 3dsMax. Para ello, se ha insertado la imagen como background en el viewport. Una vez colocada la imagen de fondo en el entorno de trabajo, se ha definido la cámara para establecer los puntos de fuga de la imagen. Una vez establecida la cámara y los puntos de fuga, se modela la nueva fachada siguiendo la metodología utilizada en los cuatro edificios elegidos como muestra. En este caso, el modelado no se corresponderá a medidas reales, sino a medidas proporcionales.

Posteriormente se ha calibrado la luz ambiente y la luz directa que incide sobre la fachada, para después aplicar los materiales. Una vez obtenido el nivel de realismo requerido se ha renderizado la imagen y se ha terminado de editar en Photoshop.

## 4. RESULTADOS

En el FLUJO01 se ha obtenido la nube de puntos de las fachadas de 4 edificios y de una gran parte de la calle Easo. Esta nube de puntos ha servido para el modelado de las fachadas de cuatro edificios-muestra y sus edificios colindantes. Posteriormente, se ha realizado el renderizado del estado actual de estas vistas del lienzo de fachada.

Se han probado diferentes propuestas de intervención en los edificios elegidos como representativos. Se considera una herramienta fundamental para prever el aspecto de las intervenciones que se pueden realizar y el impacto en su entorno. Las imágenes obtenidas con los renderizados de las fachadas son de gran calidad, mostrando no sólo la materialidad de la propuesta, sino el despiece, la composición e incluso la textura del material escogido (Fig. 15-18).

En el FLUJO02 se ha modelado la fachada de manera parcial, en función de la fotografía con la cual se va a fusionar. Si bien el modelo carece de precisión, las imágenes obtenidas son más realistas y el procedimiento más sencillo. Tiene ciertas limitaciones debidas al ancho de las vías ya que, en algunos casos, la estrechez de las calles produce fotografías con ángulos contrapicados en las que es difícil entender la fachada y que no son adecuadas para la realización de fotomontajes. En este flujo no se ha realizado la toma de datos del edificio, ni se ha modelado el edificio al completo y, por lo tanto, se trata de un trabajo realizado exclusivamente para la obtención de las imágenes buscadas de una determinada modificación de fachada.

En el presente proyecto se han utilizado técnicas de modelado y renderizado para la simulación de propuestas de intervención en fachada de cara a validar la normativa urbanística. Las líneas de actuación propuestas se organizan de la siguiente forma:

1. Realización de un inventario de los edificios que se quieren regular.

2. Clasificación de los edificios en subgrupos en función de los parámetros que se quieran estudiar. En el caso concreto de las fachadas, se realiza una clasificación en función de su estilo arquitectónico.
3. Elaboración de la regulación preliminar de los edificios estudiados.
4. Identificación de interrogantes en la regulación preliminar.
5. Establecimiento de los edificios-muestra en los que se llevarán a cabo las simulaciones y cuyos resultados deben ser extrapolables al grupo de edificios.
6. Diseño de las simulaciones a realizar en cada uno de los edificios muestra.
7. Elección del flujo más adecuado en cada uno de los edificios-muestra en función de los condicionantes del lugar, el edificio y la modificación requerida.
8. Realización de las simulaciones planificadas.
9. Toma de decisiones en función de la valoración de las simulaciones realizadas. Posible diseño de nuevas simulaciones.

## 5. CONCLUSIONES

La elección de edificios-muestra para la reflexión del tipo de regulación necesaria en cada familia de edificios ha resultado muy satisfactoria. Estas propuestas virtuales no pueden ser generalizadas para cada uno de los edificios afectados por una determinada normativa. La correcta elección del edificio representativo de estudio es la clave para un uso correcto y eficiente en la toma de decisiones.

La comparativa entre los dos flujos de trabajo utilizados evidencia la mayor eficacia del FLUJO02. Si bien el FLUJO01 es el más riguroso y permite tener un modelo de estado actual de gran precisión al que se le puede incorporar información, se ha considerado excesivamente largo y caro para el fin que se persigue en este proyecto en concreto. Se ha de tener en cuenta que la parte gráfica que se ha utilizado ha sido la compuesta por imágenes de propuestas de intervención. Aunque las imágenes de las pruebas efectuadas en los cuatro edificios-muestra son de una gran calidad, el flujo de modelado y renderizado parcial de la fachada, en el FLUJO02, resulta incluso más realista y mucho más rápido y económico.

Siguiendo el enfoque de trabajo del FLUJO02, se abre una nueva línea de investigación relacionada con la implementación de la Inteligencia Artificial (IA) específicamente diseñada para aplicaciones en el ámbito de la arquitectura. Partiendo de una fotografía de la fachada existente, de un boceto o un croquis es posible analizar distintas opciones de diseño con un grado muy elevado de realismo. Cabe destacar que la configuración de las simulaciones permite otorgar mayor o menor

grado de libertad al motor de simulación durante el proceso de creación de las escenas y, además, permite incluir descripciones mediante el prompt que agilizan la definición del resultado que se busca alcanzar con mayor precisión. Parece, por tanto, que la implementación de la IA para el análisis de propuestas de intervención en fachadas puede ser una opción interesante.

La utilidad de los renders ha resultado más eficaz en la escala lejana. Ha quedado patente su eficacia en la demostración del efecto que una intervención de fachada puede generar en la manzana a la que pertenece el edificio. En la escala cercana, el nivel de detalle requerido para entender las connotaciones de la intervención realizada, es muy grande. Su carácter de imagen hiperrealista, fotografía exacta de la realidad, debe ser vigilada. El efecto homogeneizador que imprime el renderizado en las imágenes, distorsiona esta pretendida autenticidad, mostrando imágenes más armónicas que las de la realidad. Este efecto debe ser controlado si se quiere mostrar la distorsión que una determinada intervención puede generar, una imagen realista no idealizada.

A medida que el flujo de trabajo BIM se extienda en el ámbito profesional, las administraciones públicas podrán contar con modelos 3D que contengan toda la información de las diferentes fases constructivas del edificio. Este modelo BIM será el contenedor de toda la información tanto gráfica como constructiva, y esa base podrá ser utilizada de manera más rápida y sencilla para poder realizar simulaciones de forma genérica. Estos modelos BIM podrán emplearse, por un lado, para la toma de decisiones en el planeamiento y, por otro, para verificar con imágenes realistas el cumplimiento de la regulación vigente. Además de ello, estos modelos 3D pueden permitir ampliar las opciones de visualización previa, incluyendo experiencias inmersivas a través de la realidad virtual o incluso de la realidad aumentada. Con el uso de unas gafas apropiadas, los agentes implicados pueden llegar a moverse en un entorno urbano virtual y experimentar las sensaciones que diferentes propuestas pueden producir en los viandantes.

Cabe destacar, también, que entre las futuras líneas de acción se encuentra la concienciación de la ciudadanía en materia de protección y salvaguarda de nuestras ciudades. Es fundamental involucrar a la sociedad en la protección del patrimonio. Se debe convertir a la ciudadanía en un agente activo, preocupado por la materia, que impulse la acción de las administraciones públicas y que se implique en la mejora de sus edificios. Es por ello que se quiere emprender un plan de divulgación, concienciación y transferencia.

En conclusión, se ha comprobado la eficacia de las herramientas gráficas para la visualización de los efectos que una determinada normativa puede provocar en un edificio y en su entorno, acreditándose su utilidad para la toma de decisiones en la regulación urbanística.

## AGRADECIMIENTOS

Esta investigación se ha podido desarrollar gracias a la ayuda concedida dentro de la convocatoria competitiva Conexiones, proyectos colaborativos entre la educación superior y las entidades culturales y creativas de Euskadi, del clúster KSIgune de las Industrias Culturales y Creativas. Asimismo, se ha contado con la colaboración del Ayuntamiento de San Sebastián, el Colegio de Arquitectos y Arquitectas Vasco Navarro, la empresa ULMA Architectural Solutions y el arquitecto técnico y experto en modelado y renderizado, Joanes Caramazana.

La investigación desarrollada en el presente artículo se enmarca dentro del conjunto de actividades del Grupo de Investigación TICBE (Technological Innovation and Creativity for the Built Environment), reconocido por la "Convocatoria de ayudas a Grupos de Investigación de la UPV/EHU (2022)" con código GIU22/001.