

Installation of a small wind turbine in a house in The Netherlands

Table of content

Installation of a small wind turbine in a house in The Netherlands.....	1
Annexes.....	3
Annex 1: General information	3
1.- Location of the wind turbine.....	3
2.- Electricity consumed and supplied	5
Annex 2: Mechanical information.....	13
Annex 4: Economic and fiscal information	23
Annex 5: Approximation of Analysis and Simulation of Fluids with the use of Ansys.....	24
Annex 6: Planes	27
Conclusion.....	28

Annexes

Annex 1: General information

1.- Location of the wind turbine

With the objective of creating a greener future and reducing the dependence on the grid and its variation on the electricity the installation of a small wind turbine in a house could be a solution. In the following chapters the viability of the project will be studied.

The first thing that must be done when doing the installation of a wind turbine is selecting the place where the wind turbine will be installed. As it was explained in the memory, the power supplied by a wind turbine is highly dependent on the wind speed that goes through the rotor, because of that wind turbines are placed in the areas where the wind speed is high.

The following maps show the average wind speed at different heights between the years 2008 and 2017 in The Netherlands:

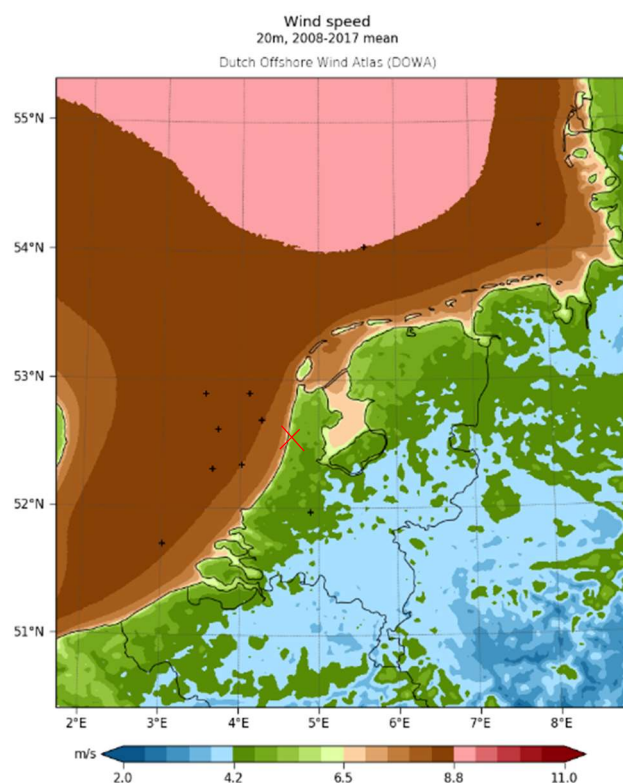


Fig. 1 Average wind speed at 20m in the Netherlands (10 Year Average Wind Speed for Different Heights / Atlas / Dutch Offshore Wind Atlas, n.d.)

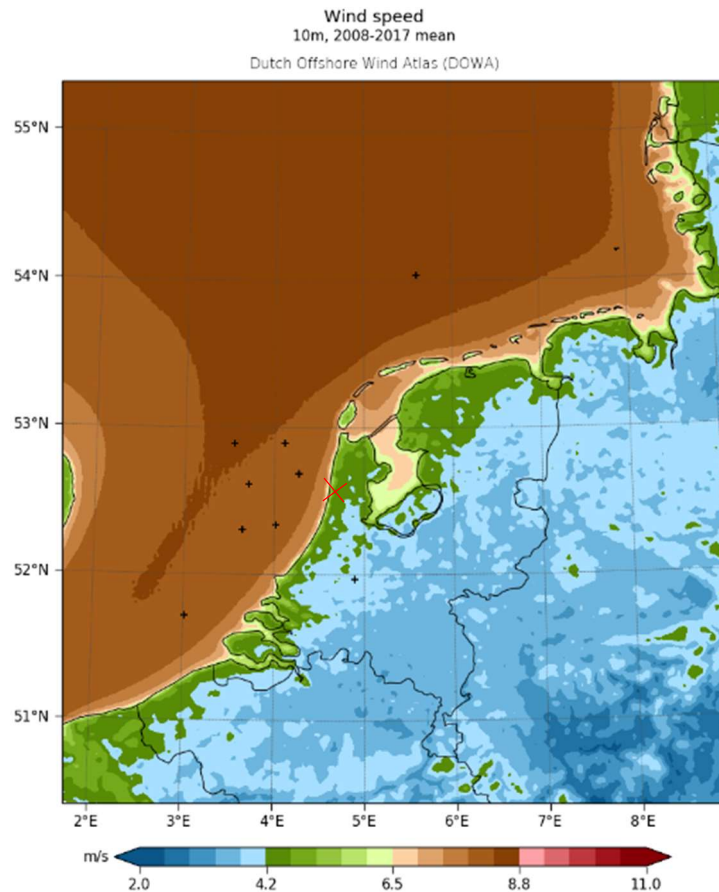


Fig. 2 Average wind speed at 10m in the Netherlands (10 Year Average Wind Speed for Different Heights / Atlas / Dutch Offshore Wind Atlas, n.d.)

Confirming what it was explained in the memory, the higher wind speeds are found along the coast and at higher altitudes.

The house selected is located in Castricum, which is a municipality located in the west coast of the country in the province of North Holland. The placement of the house is ideal because of the wind conditions and the lack of neighbours.

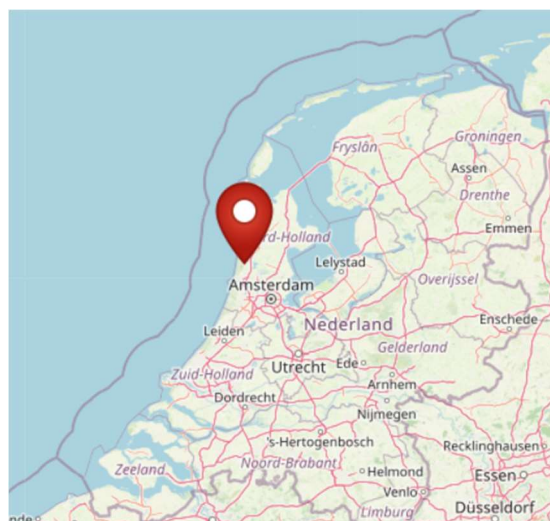


Fig. 3 Location of Castricum (latitude.to)

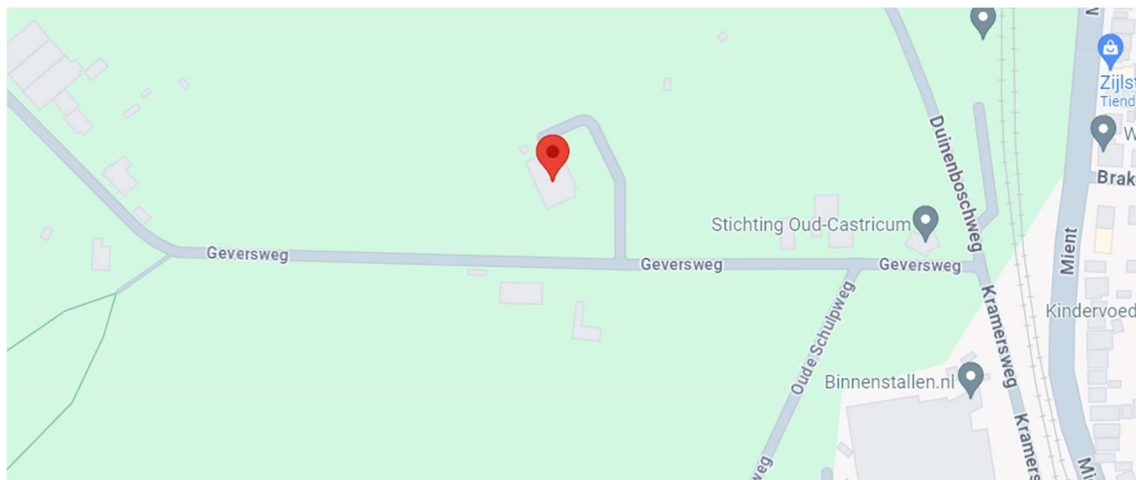


Fig. 4 Closer look to the location (google maps)

The approximate surface area of the plot is 9000 m², which gives plenty of space for the installation for the wind turbine.

The selection of the house was not a difficult challenge, because of the ideal wind conditions, lack of neighbours and wide area available to install the wind turbine. In addition, to that reasons, Castricum is a city that I have visited many times, because it was in the midway between my job and where I used to live in The Netherlands.

2.- Electricity consumed and supplied

Before diving into how much electricity will the wind turbine provide, it is necessary to talk first about the electricity consumption and power contracted of the house. As it is not possible to obtain such data of the house chosen for this project, it will be calculated according to an estimation. For that, I will use the data of my parents' house.

Considering that my parents' house is smaller than the house at Castricum, and that this house has 5 bedrooms, it can be estimated that 5 people will be inhabiting the house (1 bed will not be used as it will be for guests). In my parents' house two people live permanently, and the power contracted is 4,4 kW while the electricity consumption in 2023 was 2392,92 kWh. Unfortunately, the solution is not as simple as multiplying the data obtained by 5/2, because some of the devices of the house like the fridge, or the kitchen, consume approximately, the same amount of electricity no matter the amount of people living in the house. On the other hand, there are some devices, like the dryer (very common in Dutch houses but not in Spanish ones) must be taken into account. A table was created to structure the calculations, see below:

Device	Power required (kW)	Average energy consumption per year(kWh)
Dryer	3	312 (2 hours per week)
Sauna	4,5	234 (2 hours per week, during half a year)

Table 1 Devices that must be taken into account in the new property

In addition, when my sister and I were living with my parents the electricity consumption was increased by 20% (10% per person) compared to when my parents live alone, knowing this, the electricity consumption per year and the power required to power the house can be calculated, see below:

$$\text{Energy consumption} = 2392,92 * 1,3 + 312 + 234 = 3656,796kWh$$

Please, note that the heating system of the house is not powered by electricity but by gas. In addition, it must be said that even though the house is bigger than the one I live in there could be more energy consumption due to the illumination of the house, but as the house has a modern design and it has many windows and the energy consumption due to illumination is low thanks to the new low consumption bulbs, it was not considered necessary to take the increase of the size of the house into account.

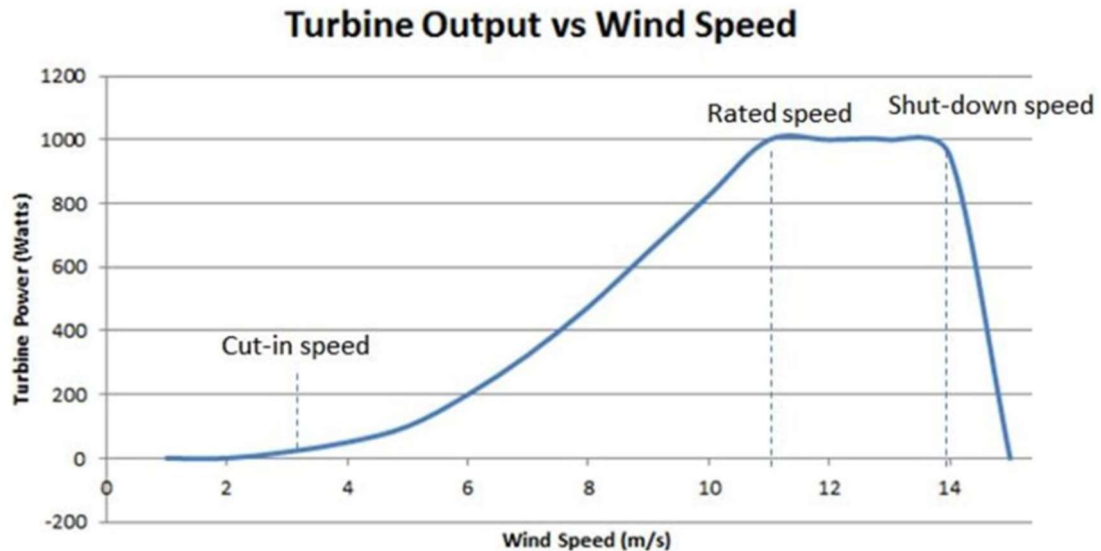
To calculate the power contracted, it is necessary to know which devices can be working at the same time, it is very common that the dryer and the sauna are used at the same time, because of that I consider that the power contracted should be:

$$\text{Power contracted} = 4,4 + 3 + 4,5 = 11,9kW$$

To have some margin, in order to not be on the limit of the power contracted, the final power contracted should be 13kW.

Attention now switches to the power supplied by the wind turbine. The most basic specification for a wind turbine is the rated power. For example, a small turbine may be rated at 4kW but that does not mean that the turbine will produce that energy all the time, because the energy produced depends on the speed of the wind. Because of that the rated power is the power that a turbine can produce at a particular wind speed.

The following graph shows an example of the power curve of a small wind turbine depending on the wind speed:



Graph 1 Power of the turbine depending on the wind speed (today's home owner eco-friendly guide)

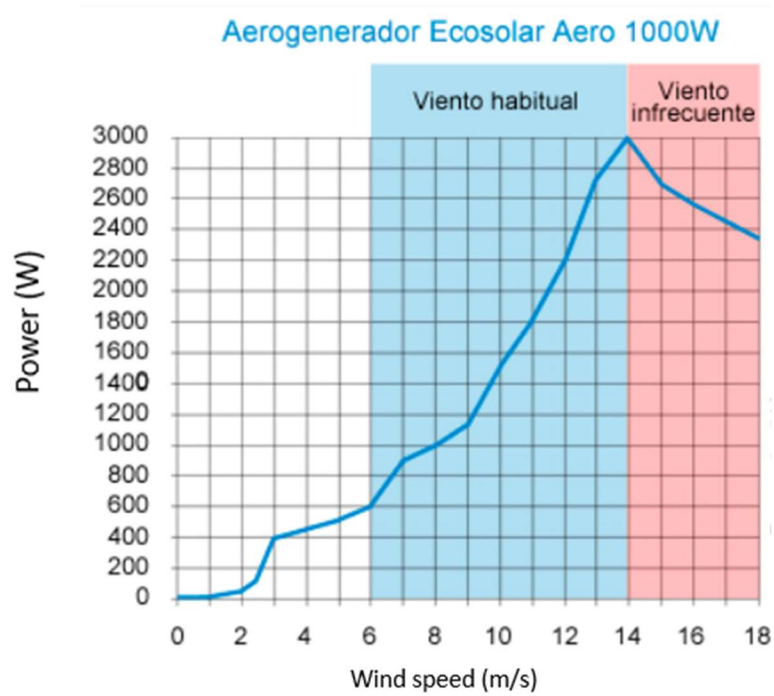
Even though each wind turbine has a different power curve (depending on the work speed that it has been designed for), all graphs have the same shape: the power increases with the wind speed until its rated speed, then it stays constant with the increasing speed until the turbine is shut down for safety reasons.

This graph relates to power, not energy. The units of energy used for electricity demand and use are Watts-hour. Which means that if a turbine runs for one hour at 1000 W, it will generate 1000 watts-hour for energy.

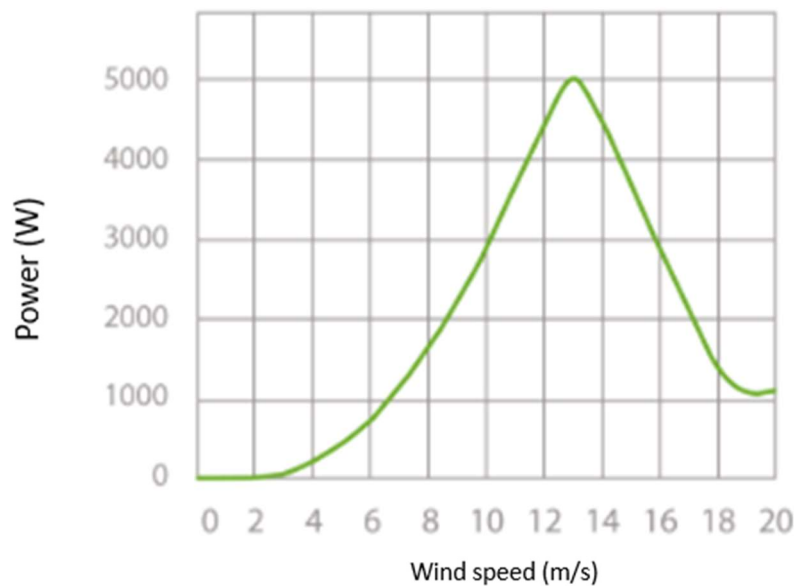
The average wind speed in Castricum at 10 meters high is around 5,8 m/s and that there are not big variations of the wind speed through the year (the biggest average hourly wind speeds which are found in winter time, are 6 m/s while the slowest, found in summer time are 5,2m/s.) Because of that, in order to produce the highest amount of power, the wind turbine selected should develop its nominal power at a speed between 5 and 6 m/s. (*Weathers park-Castricum*)

After having made a research of the market of small wind turbines, it can be said that almost all the small wind turbines develop their nominal power at the same wind speeds (between 10 and 14 m/s). As the annual speed in Castricum at 10 meters high is around 5,8 m/s and the turbine can not be higher than 20 meters because of the Dutch laws, the wind turbine will not be working at its nominal speed.

Considering it, and with the objective to produce as much power as possible at the cheapest price, the two most interesting designs I found were compared, the wind turbine Ecosolar 1000 24V and the wind turbine Bornay wind 25-3+. As one of the objectives is to produce the most amount of power possible, it could be thought that a 5000W would produce five times more the power as a 1000 W wind turbine, but as they are not working at nominal speed, an Ecosolar 1000 24V can produce almost the same energy (at the average speed of 5.8 m/s) as a 5000 W turbine, see graphs below:



Graph 2 Power of the turbine the Ecosolar 1000 24 V depending on the wind speed (Damia solar)



Graph 3 Power of the turbine Bornay wind 25-3+ depending on the wind speed (Bornay)

At the speed of 5.8 m/s the turbine Ecosolar 1000W-24 V produces approximately 590W, while the turbine Bornay wind 25-3+ produces around 700W. According to the power

the Bornay wind 25-3+ seems like a better option, but before jumping in any conclusion the price must also be taken into account. The cost of the turbine Ecosolar 1000W-24V is 1446 euros for the turbine Ecosolar 1000W-24V while the cost of the turbine Bornay wind 25-3+ is 9895 euros.

In order to determine if it is worth to pay 8449 euros of difference for 110 W more of power, the cost of electricity in The Netherlands must also be studied. With a cost of €0.32 per kWh and taking as a valid approximation that the wind turbine will be working constantly at the annual average speed, the amount of money saved each year by using the turbine Bornay wind 25-3+ will be:

$$0.32kWh * \frac{1kW}{1000W} * 110Wh * \frac{24h}{1\ day} * 365 \frac{days}{year} = 308€/year$$

To recover the initial investment of the purchase of the more expensive wind turbine it would take:

$$\frac{8449€}{308€/year} = 27.43\ years$$

Please note that the costs of maintenance have not been taken into account because the dimensions both turbines are very similar (diameters of the rotors of the turbines 4.05m and 2.9m, for the Bornay and Ecosolar respectively), and in addition the height of the tower will be the same for both wind turbines.

After having compared both turbines, I decided to choose the Ecosolar 1000W-24V because of its lower price and its similar power supply to the Bornay wind turbine.



Fig. 7 Ecosolar 1000W-24V (Damia Solar)

In addition to the wind turbine, more components will be needed:

- Tower: To hold the weight of the turbine and place it as high as possible in order to be in a place with higher and less turbulent wind speeds. The market for the towers is very limited because mainly the installation of the towers is made by local subcontractors which create themselves the towers with the plans given by the wind turbine company. That makes it difficult to have an estimation of the prices and find different models. Despite the difficulties, from the options I could find, I selected this lattice tower, which is 13 m high with a cost of 2706€.



Fig. 8 Lattice tower (Eco fener)

- Inverter: To connect the wind turbine to the grid, and to be able to power the home appliances, the 24 V direct current needs to be transformed into altern current of 220V. Transforming direct current to altern current can be done with the use of an inverter. Inverters can be either monophasic or triphasic, as the electric connection in most of the houses and in this house is monophasic, the inverter will be monophasic. The inverter selected is the Goodwe GW1000-XS, with an efficiency of 97%, able to convert 1300W of power, with a price of 321€:



Fig. 9 Goodwe GW1000-XS inverter (Damia Solar)

- Boost converter DC-DC: The minimum starting voltage for the inverter previously mentioned is 40 V, as the the turbine produces electricity at 24 V, a boost converter DC-DC will be needed to elevate the voltage. The boost converter chosen, has a price of 203€, raises the voltage from 24 V to 48V, has an efficiency of 97% and can transform up to 960W. In addition, it also includes protection against voltage overloads and overheating. See below:



Fig. 10 Boost converter AM7159 (Ampul)

- Electric cables: To transport the electricity. The price of 200m of cables 115€.



Fig. 11 Electric cables from the Brand prysmian (Damia solar)

With the main components explained, attention switches now to the scenarios on which there is not enough wind to power the house or when the power produced by the wind turbine is not being fully consumed. To avoid wasting the power produced by the wind turbine or having the situation on which the house can not be powered, there are two different configurations.

- Connecting the wind turbine to grid in back up mode: When the wind turbine produces more electricity than it is consumed, the energy that is not consumed goes to the grid, on which the electric company that supplies electricity to the house will pay for the electricity supplied by the wind turbine to the grid. On the other hand, when the house needs more electricity than the one supplied by the wind turbine, the electricity company supplies the electricity needed from the grid.
- Use of batteries: They can be used to store the electricity produced by the wind turbine.

The efficiency of the batteries is reduced within the time and in addition, the wind turbine does not produce enough energy to power all the house, because of that, the connection to the grid in back up mode was considered a better choice.

Annex 2: Mechanical information

With the objective of studying the behavior of the wind turbine when high speed winds are blowing, it was study in Ansys was done.

The geometry of the wind turbine was created being the most loyal possible to the wind turbine purchased, see below:

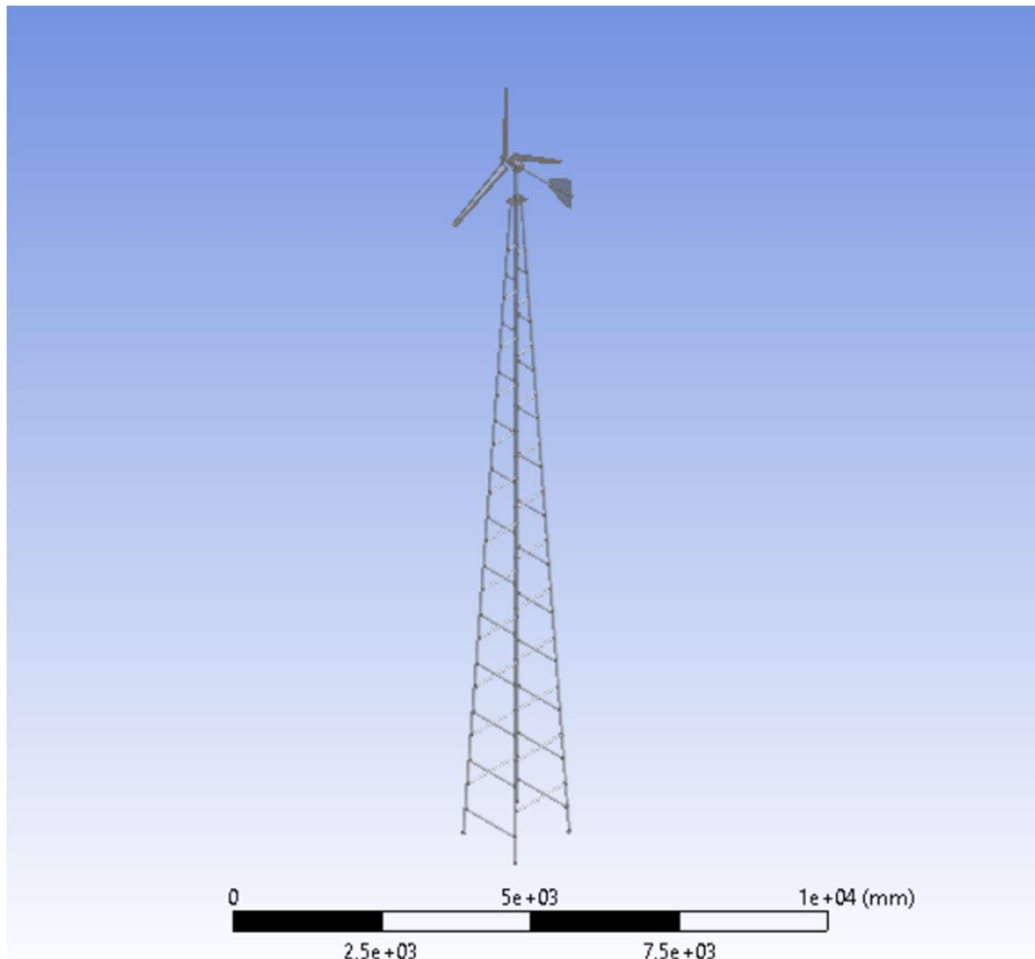


Fig. 12 Geometry of the wind turbine+tower

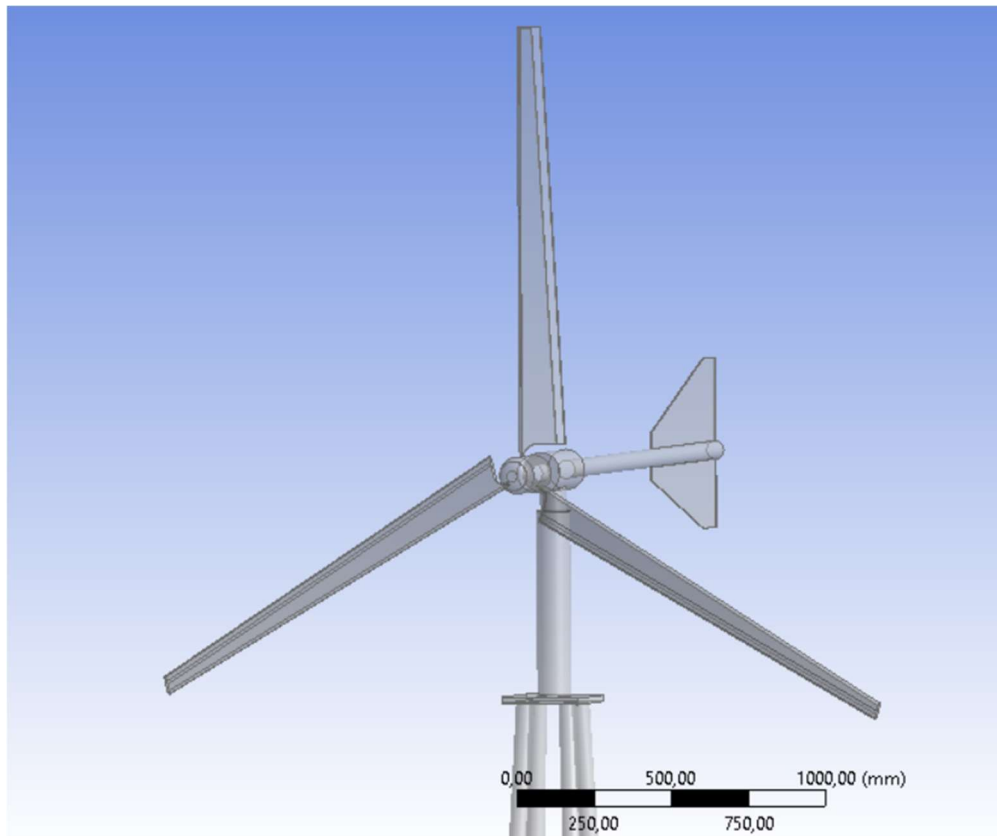


Fig. 13 Closer look of the wind turbine

After the geometry was created, it was meshed:

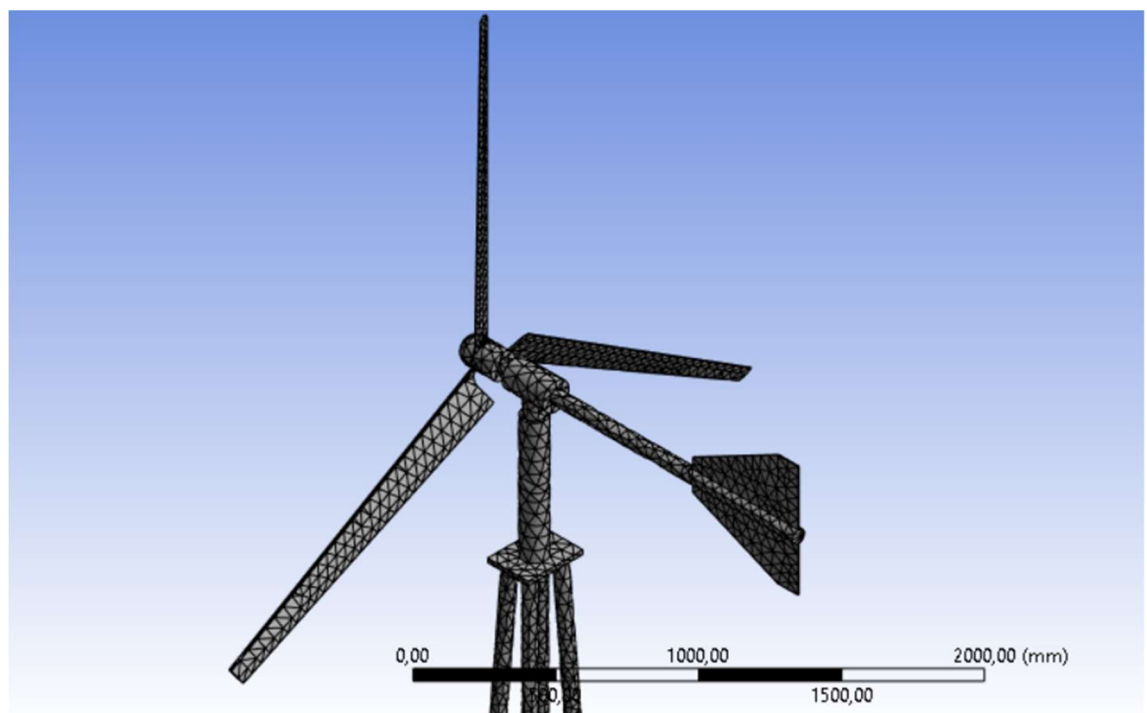


Fig. 14 Mesh of the wind turbine

Then, the material and the forces were assigned, it was used aluminum both for the rotor and the structure. Regarding to the forces, the bottom of the structure was defined as a fixed support, and in the first study, superficial forces of 98N were applied in the blades and legs of the structure, trying to estimate a wind with the direction in the x axis. See figures below:

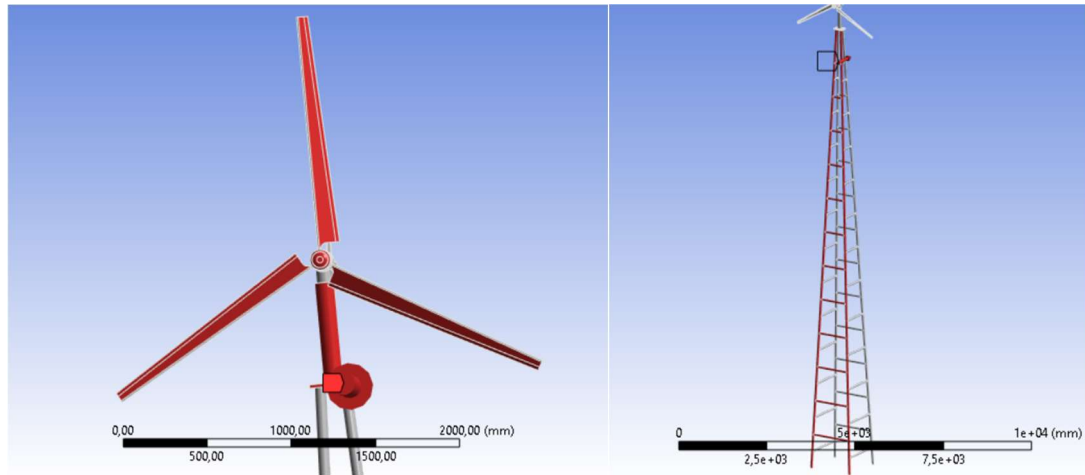


Fig. 15 &16 Forces applied to the wind turbine

Once the problem in Ansys was defined, the directional deformation in the x axis, the maximum principal stress and the maximum principal strain were studied.

Regarding the directional deformation, the maximum deformation was found in the blades of the rotor, the tower and the tail of the wind turbine did not any deformation. See figure below:

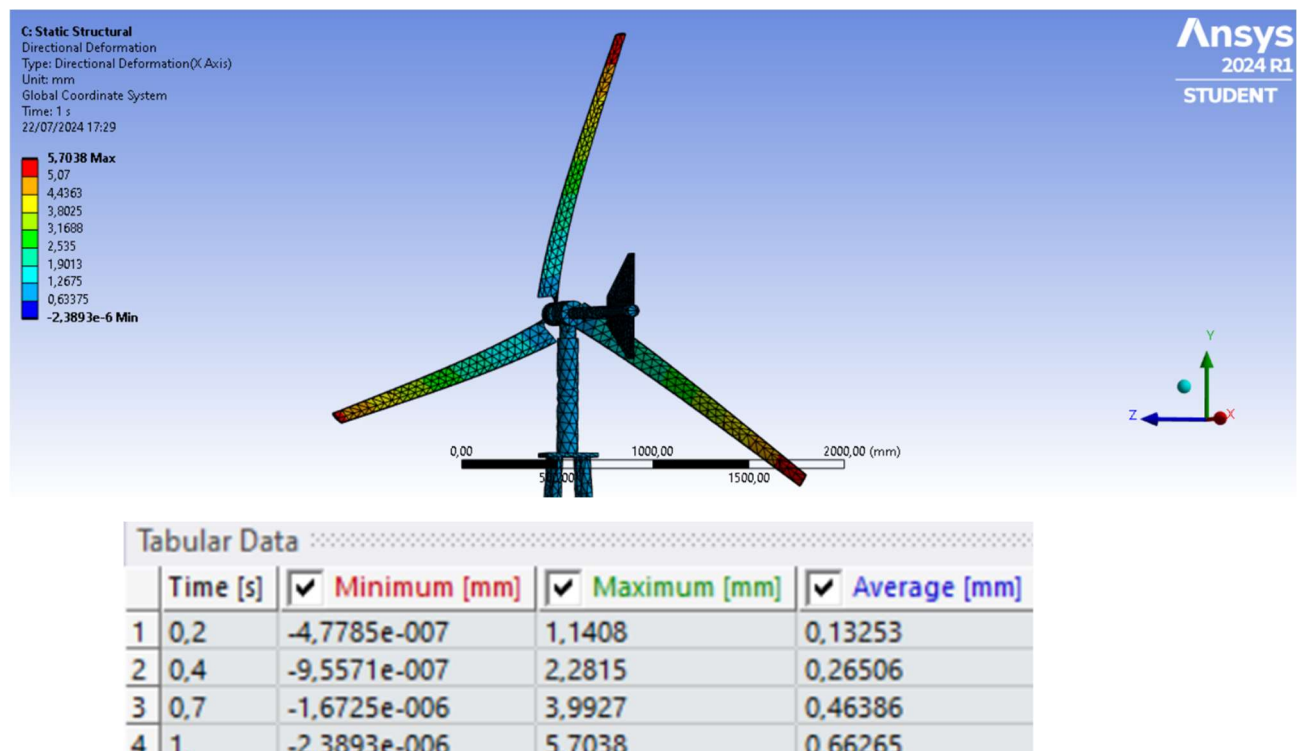


Fig. 17 & 18 Directional deformation in the x axis in the wind turbine

When studying the maximum principal stress, the higher values were found in the center of the rotor, where the blades connect with the head of the rotor:

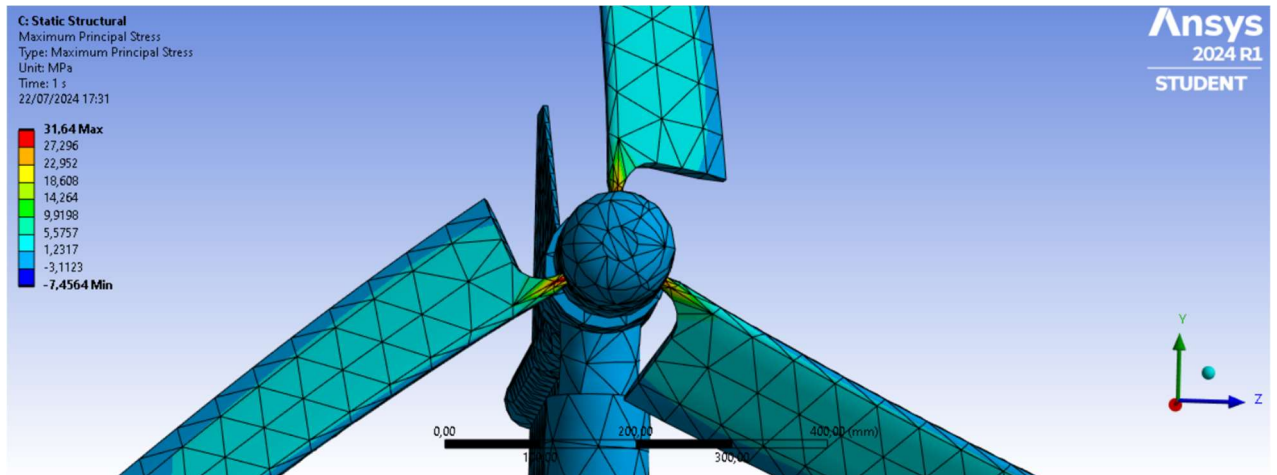


Fig. 19 Maximum principal stress

To end with the maximum elastic strain, the values found were very little, because of that, the elastic strain can be considered zero:

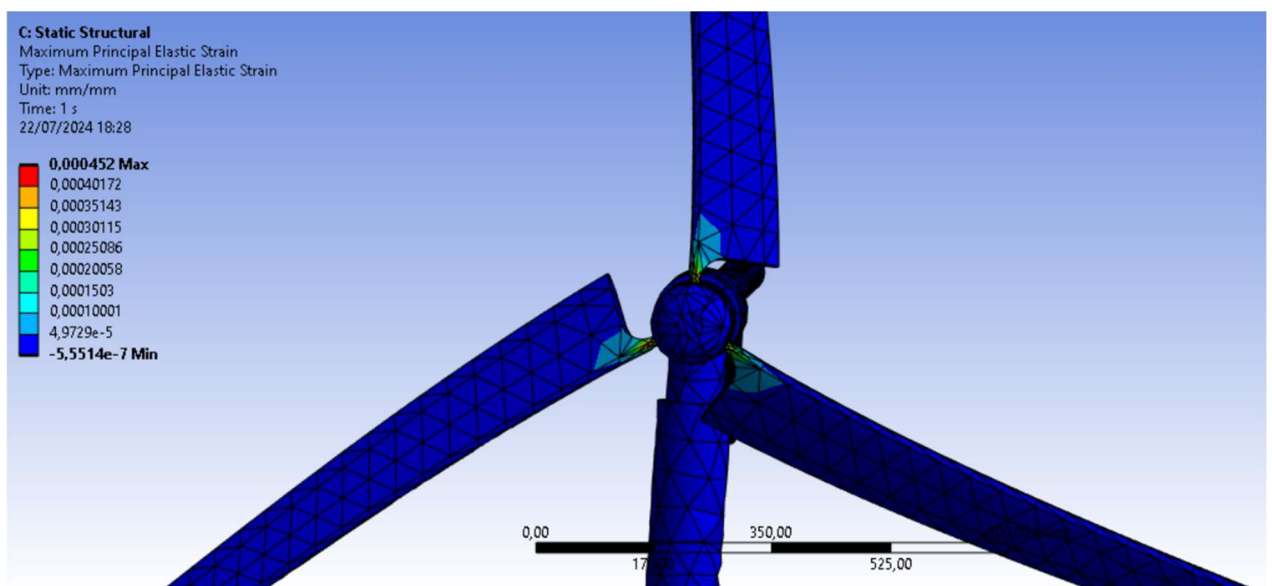


Fig. 20 Maximum principal elastic strain

Effect of the blade angle

This first study in Ansys was made for a rotor angle of 60° , in order to check how the rotor angle affects the deformation and stress, angles of 75° and 45° were also studied.

As it was expected, the directional deformation on the x axis experienced with an angle of 75° is higher than the one experienced with an angle of 60° degrees.

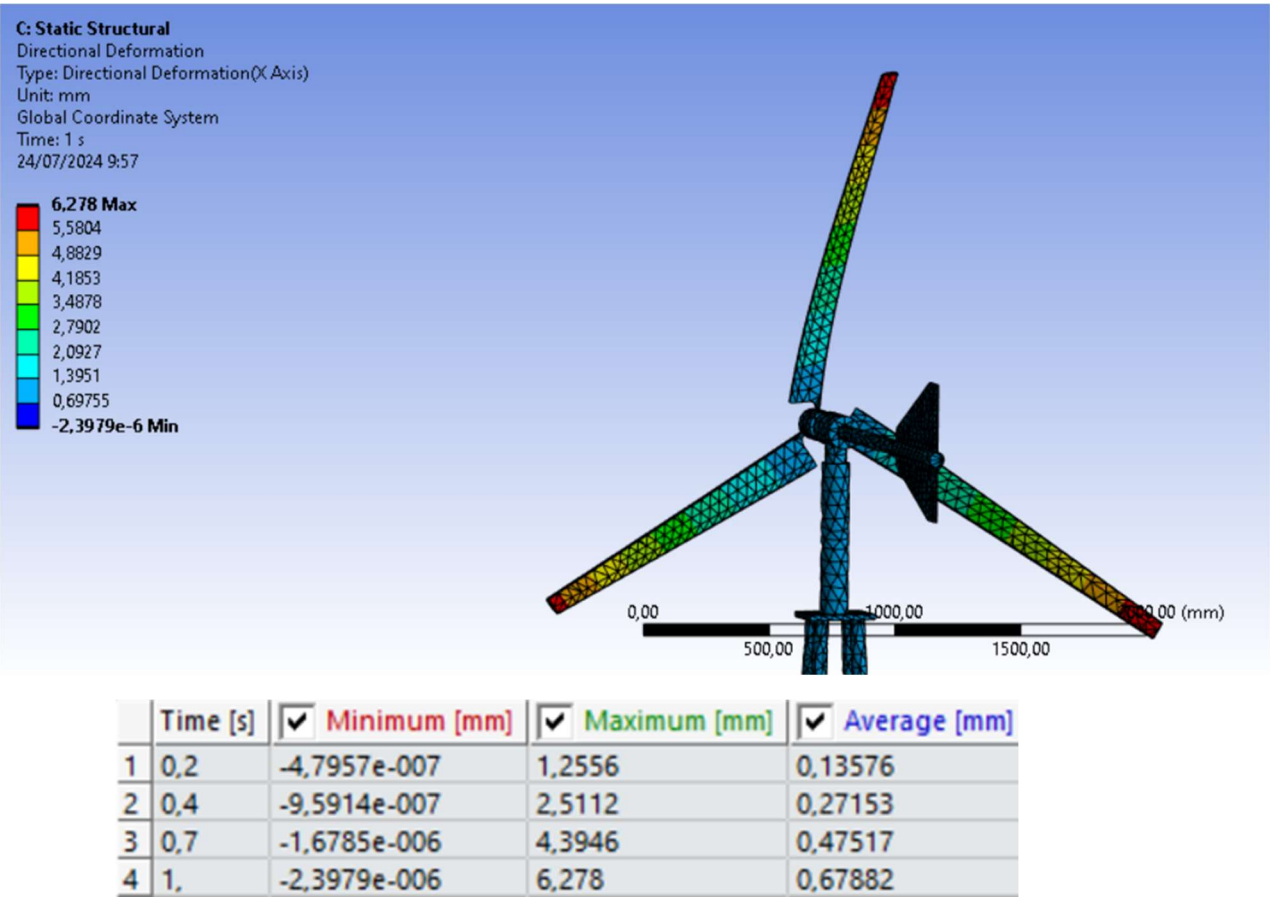
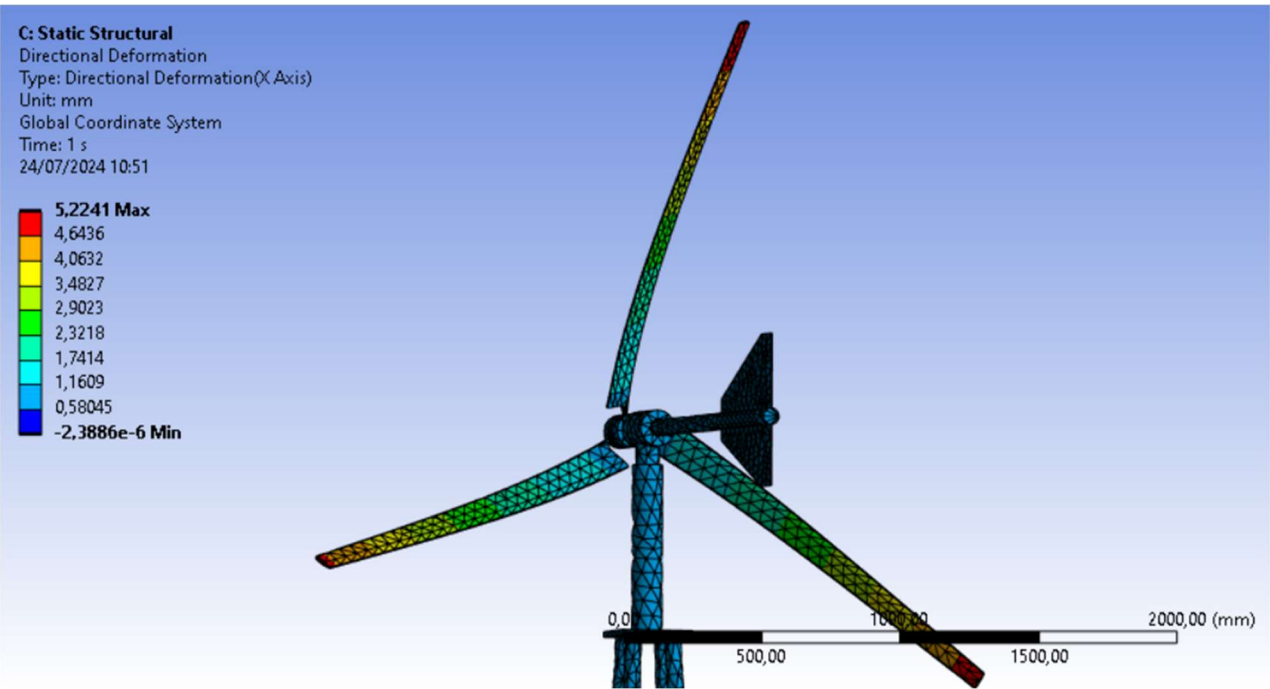


Fig. 21 & 22 Directional deformation for a blade angle of 75°



	Time [s]	✓ Minimum [mm]	✓ Maximum [mm]	✓ Average [mm]
1	0,2	-4,7772e-007	1,0448	0,12954
2	0,4	-9,5545e-007	2,0896	0,25909
3	0,7	-1,672e-006	3,6568	0,4534
4	1,	-2,3886e-006	5,2241	0,64772

Fig. 23 & 24 Directional deformation for a rotor blade angle of 50°

After having studied the deformation depending on the rotor of the blade, it was observed that the higher the angle of the rotor blades the higher the deformation. The deformations in the y and z axis were also studied, being significantly smaller than the ones experienced in the x axis. For example, the maximum deformation experienced on the z axis for an rotor blade angle of 50° was 0,87 mm, while the one experienced in the y axis was 1,49 mm. Because of that the main focused of the study regarding deformation was done in the x axis.

Switching now to the maximum principal stress, the higher values were found with a rotor blade angle of 50° while the minimum values were found with a blade angle of 75°. See figures below:

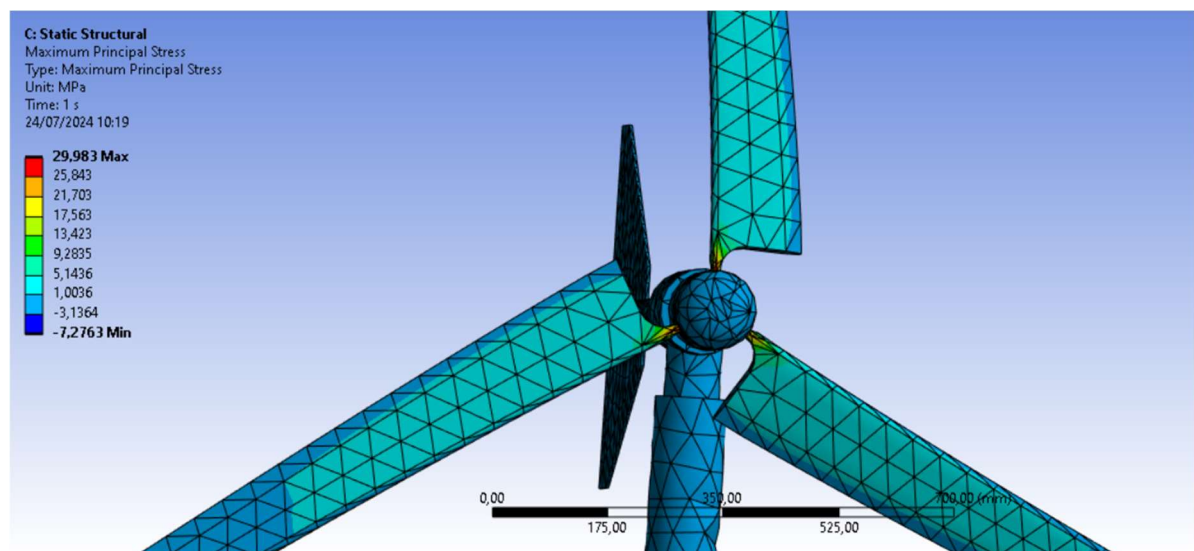


Fig. 25 Maximum principal stress for a blade angle of 75°

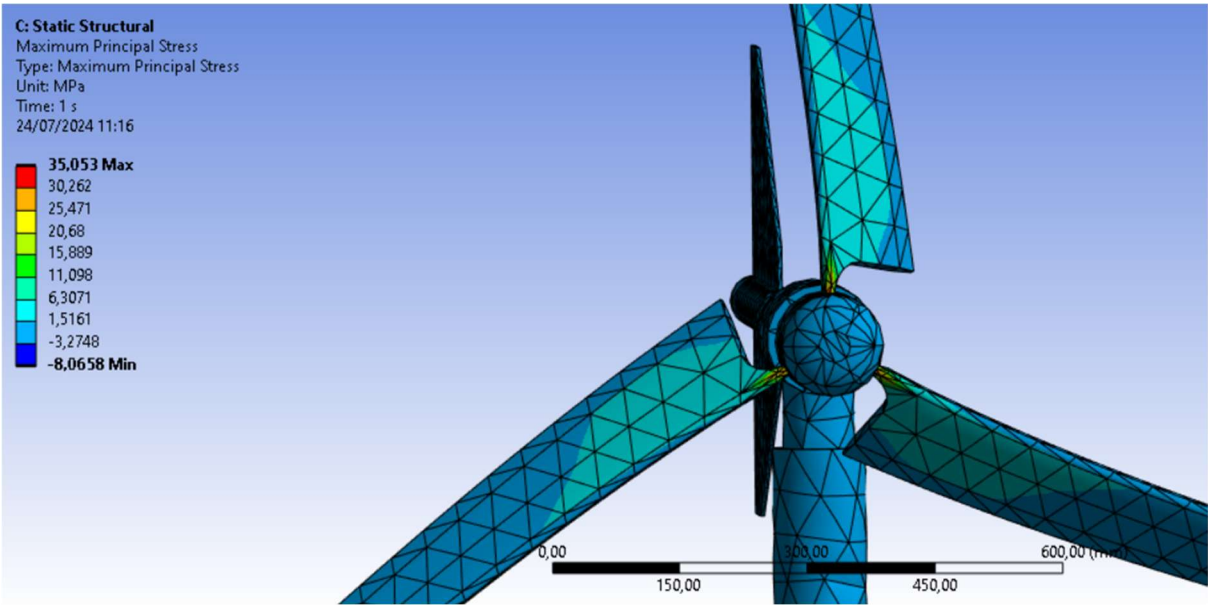


Fig. 26 Maximum principal stress for a blade angle of 50°

The elastic strains were also studied, being as well close to zero in all the cases, see below:

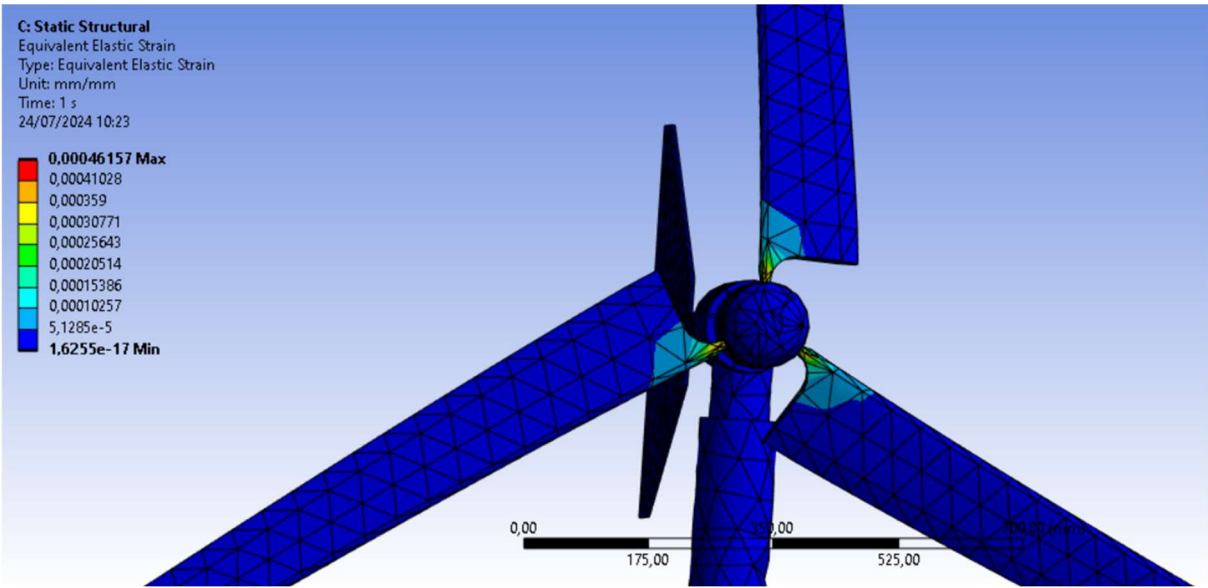


Fig. 27 Maximum principal elastic strain for a blade angle of 75°

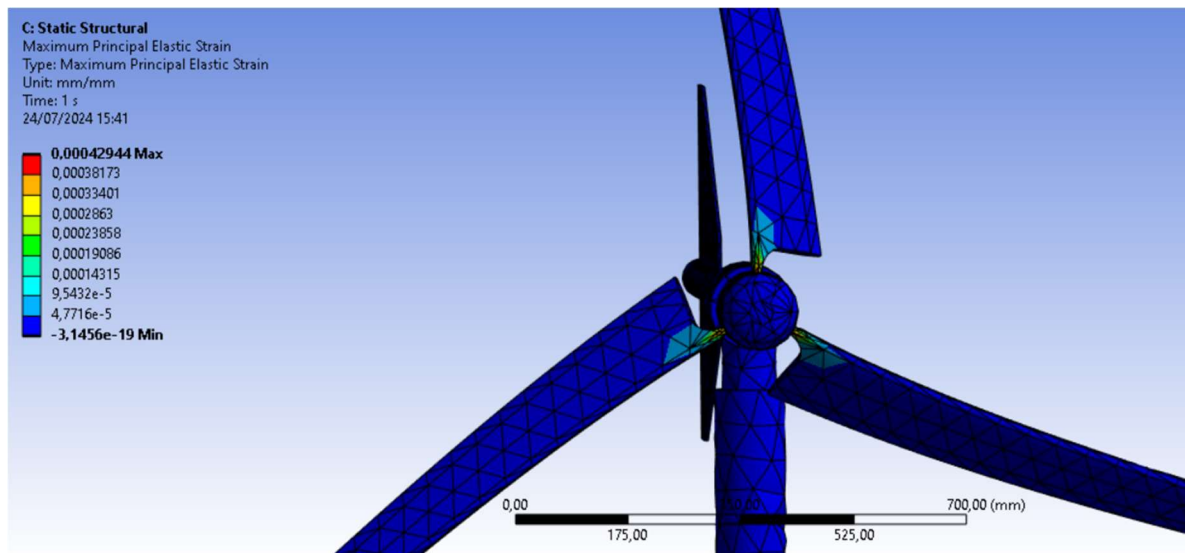


Fig. 28 Maximum principal elastic strain for a blade angle of 50°

Effect of the forces

Going back to the initial geometry with a blade angle of 60°, the focus of the study switches now to the forces applied to the wind turbine. Initially, as it was explained before, the forces applied were forces of 98N applied uniformly in the blades and in two of the legs on the tilt up tower. Forces of 980N and 500 N were studied.

Regarding deformation, it increased with the higher forces, as expected. For a 980N the maximum deformation was 58mm while for 500N it was 29mm, see figures below:

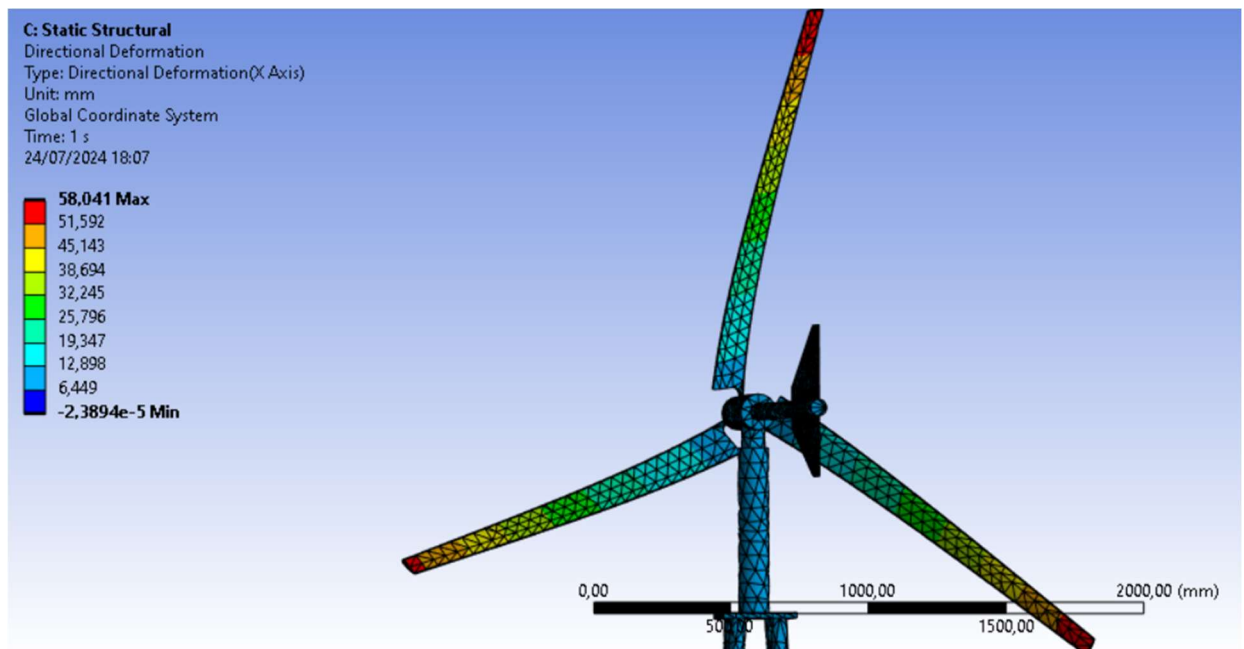


Fig. 29 Directional deformation in the x axis for 980N

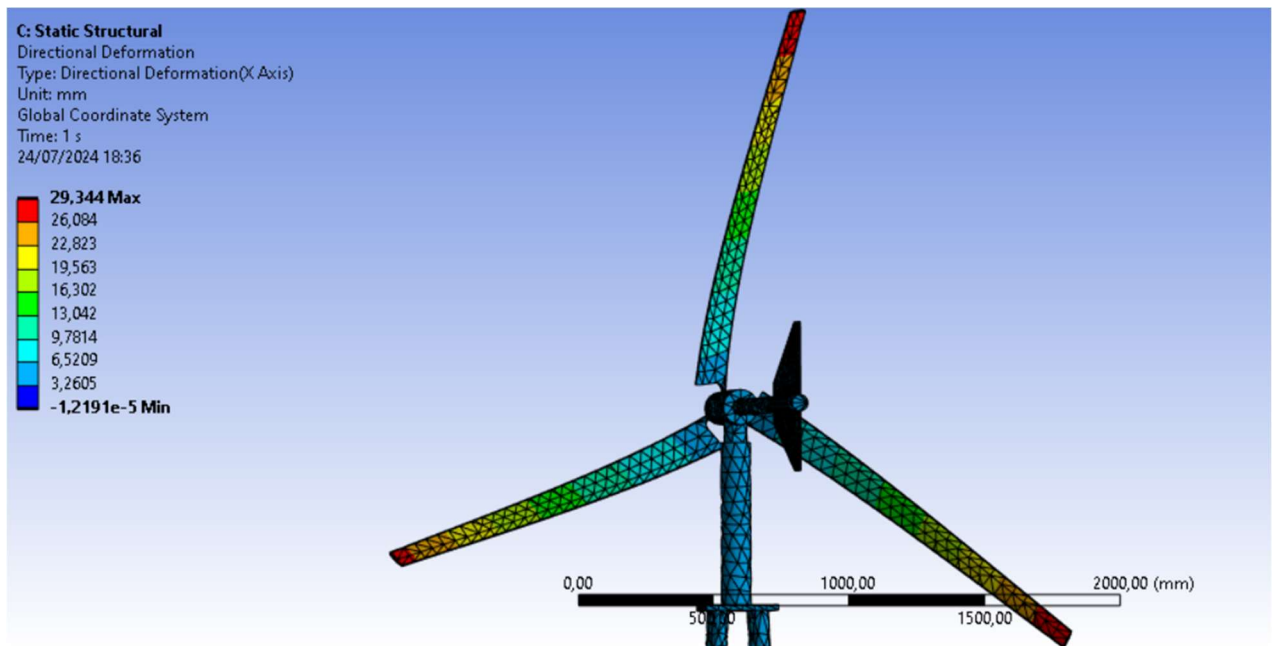


Fig. 30 Directional deformation in the x axis for 500N

Higher values of maximum principal stress were also found when higher forces were applied.

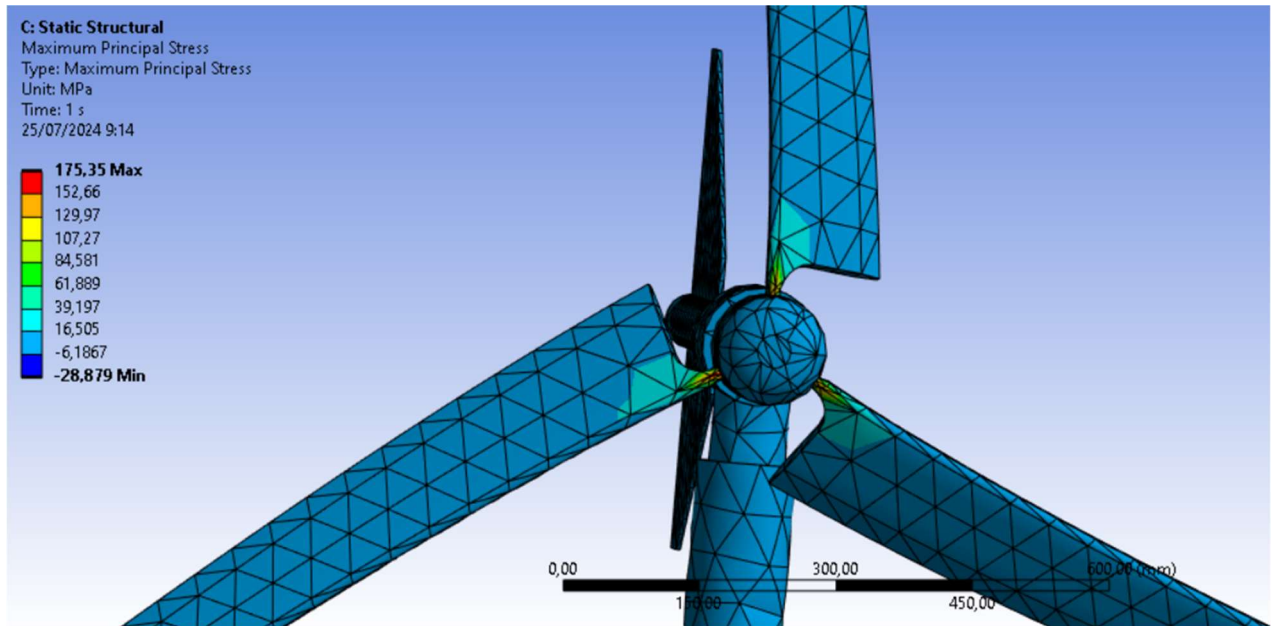


Fig. 31 Maximum principal stress for a force of 500N

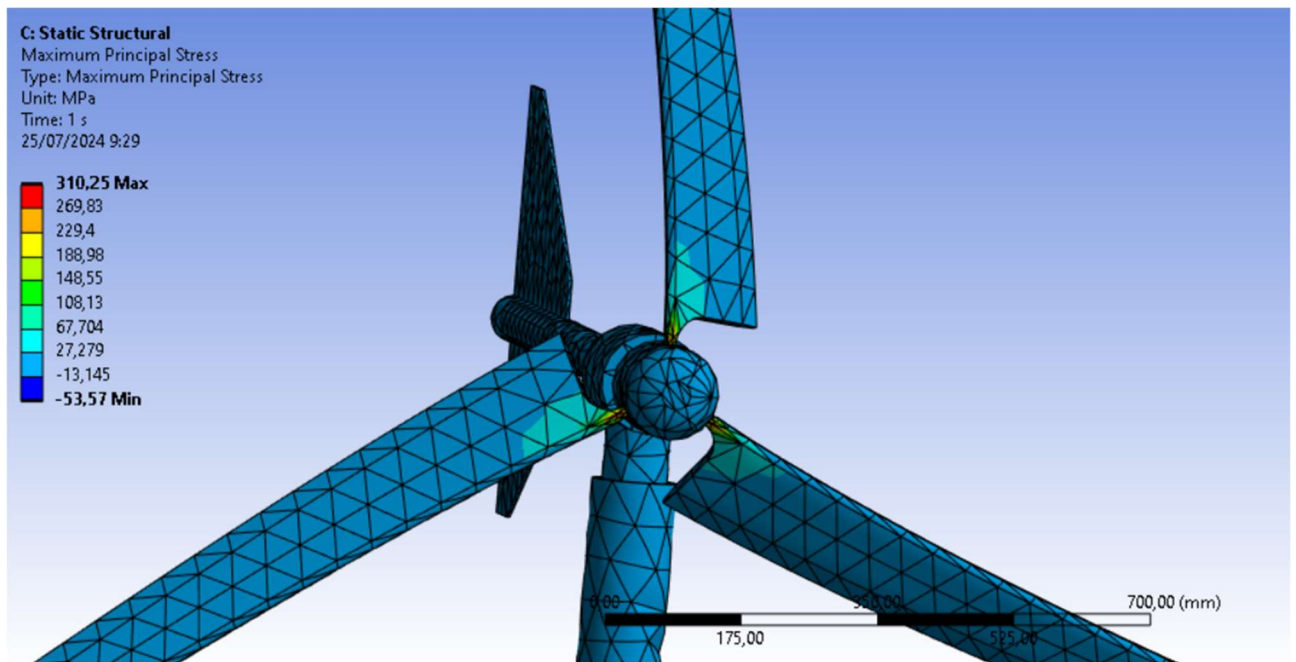


Fig. 32 Maximum principal stress for a force of 980N

The maximum principal stress is substantially bigger when bigger forces were applied, because of that the area where the blades join the center of the rotor must be carefully taken into account. This area will experience forces of compression, tension, fatigue and torsion. In addition, it is a very small area, knowing all of that, it is prior to guarantee a good design and maintenance of that part of the wind turbine.

Finally, regarding the principal elastic strains, as their values are still very close to zero, they will not be analyzed in this study.

Annex 4: Economic and fiscal information

A study of the cost of the project was also conducted. The price of all the components was previously mentioned, being a total of 4791 euros. In addition to that, the costs of the installation were also be considered. Two different kinds of workers will be working on the installation of the wind turbine:

- Construction workers: They will be in charge of the installation of the tilt up tower in the garden of the house.
- Electricians: Which will have to install the wind turbine in the top of the tilt up tower in addition to connecting the cables to the grid.

For the installation of the tilt up tower, it was estimated that 8 hours of work of a three people team would be enough to complete the job, as it is only necessary to dig a hole in the ground and fill it with concrete. Once the concrete is dry, the installation of the wind turbine can take place, which will require of a team of two electricians working 8 hours as well.

The average salary of construction workers and electricians in The Netherlands is 23 and 29 euros per hour respectively. Considering the work hours of each worker, the total cost of hiring the electricians and the construction workers makes a total of 1016 euros. Finally, adding also the costs of the materials used for the installation, such as concrete for example, the cost of the installation has been estimated to be around 1400 euros.

Unfortunately, the Dutch government does not give subventions for these kind of wind turbines. For being able to receive a subvention from the government the wind turbine must have a minimum rotor area of 50 m², which is higher than the rotor area of 6.6 m² of the wind turbine installed.

Regarding the maintenance of the wind turbine, it will be done once per year by an expert on the matter, who will check the proper work of the mechanical and electrical system of the wind turbine. It will take 2 hours to do the whole maintenance, and it is estimated that the worker will get paid 40 euros per hour, making a total of 80 euros per year.

Once the costs of the whole project have been defined, it is interesting to study the time that it will take to recover the initial investment of the wind turbine. By making a simple sum, the total cost of the project was determined, being a total of 6191 euros.

Taking as a valid approximation that the wind turbine will produce an hourly average power of 590W (at a wind speed of 5.8 m/s) and considering the price of electricity of 0.32 euros per KWh, it can be determined the amount of money saved annually by the wind turbine:

$$\text{Money saved} = 590W * \frac{1kW}{1000W} * \frac{0.32\text{euros}}{kWh} * \frac{24h}{day} * 365 \frac{days}{year} = 1653.88 \text{ euros}$$

Taking into account that each year the costs of maintenance are 80 euros per year, the money saved considering those costs is 1573.88 euros.

Finally, with the objective to know the time that it takes to recover the initial investment, the total cost of the project was divided by the money saved per year:

$$\text{Payback time} = \frac{6191 \text{ euros}}{1573.88 \text{ euros/year}} = 3.933 \text{ years}$$

Annex 5: Approximation of Analysis and Simulation of Fluids with the use of Ansys

With the objective to analyze the behavior of the wind flowing around the wind turbine a Fluent Flow study was done in Ansys. As the Ansys student version has some limitations, the analysis done had to be simplified, because of that only the rotor was studied.

The geometry studied is the same one as the studied done in the static structural case previously studied. The angles of the blades are 60° and as it was mentioned before the tower and the tail of the turbine were removed because it was not possible to mesh such a complex structure in the Fluent Flow study.

The first study was done for a wind speed of 10 m/s with the intention of analyzing the wind speeds around the rotor and the pressures created by it. As it can be seen in the following figures the maximum pressure is found in the center of the rotor:

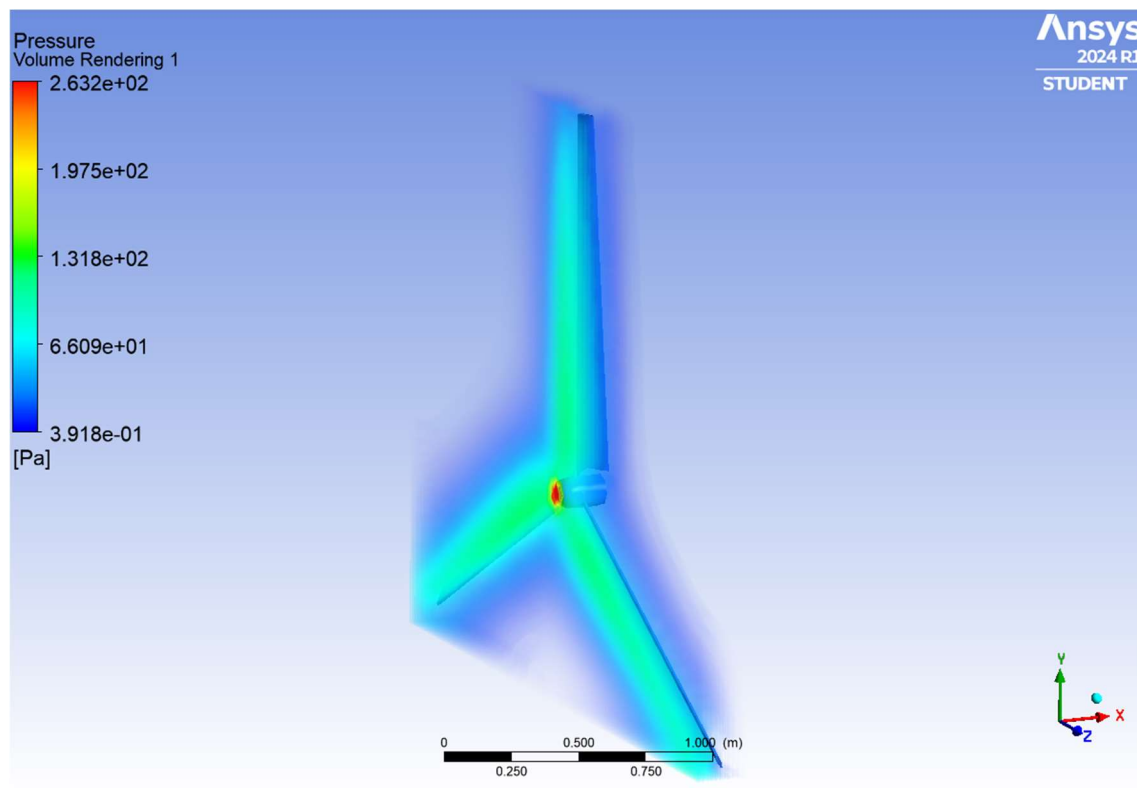


Fig. 33 Pressure on the wind turbine for a wind speed of 10 m/s

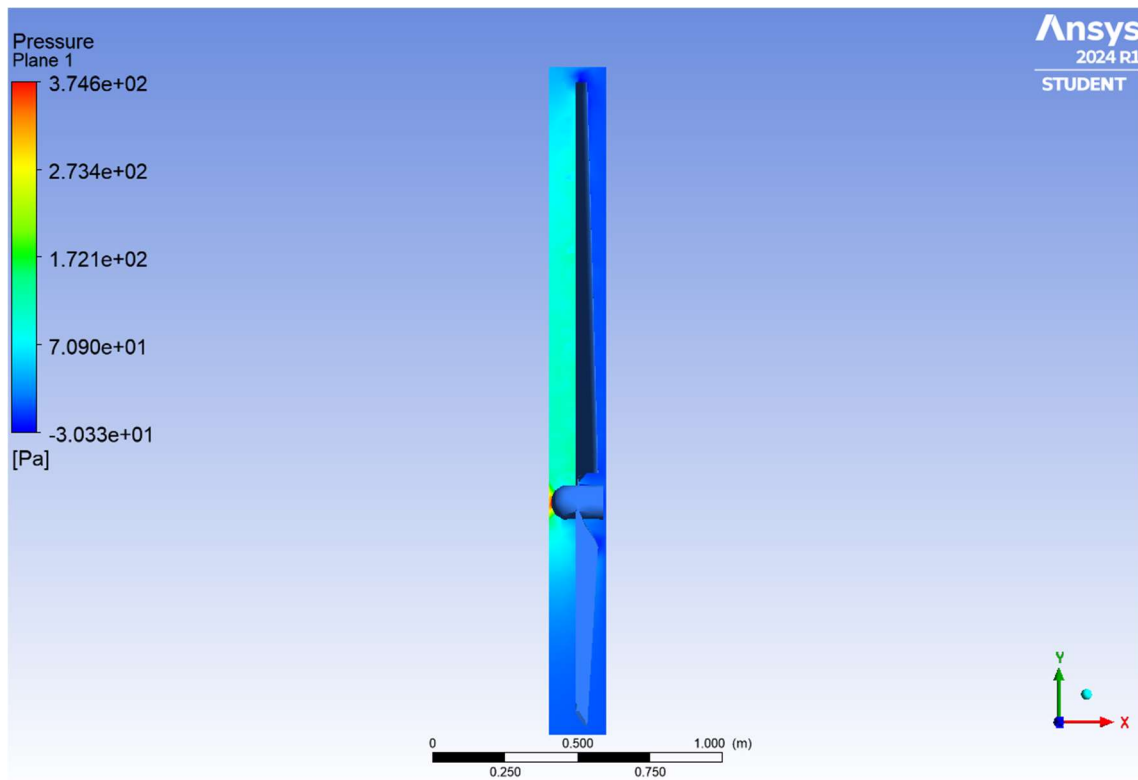


Fig. 34 Plane of pressure on the wind turbine for a wind speed of 10 m/s

As it can be seen, the pressures that the rotor has to withstand are relatively low, with a maximum of 263 Pa.

The velocity of the wind was also studied:

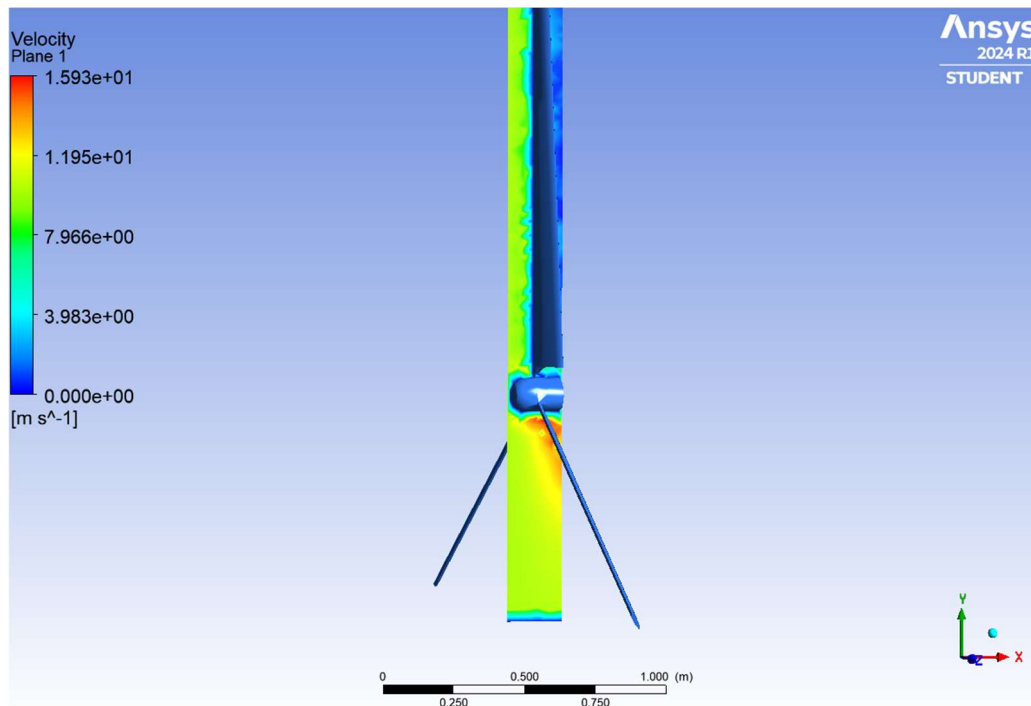


Fig. 35 Plane of velocity on the wind turbine for a wind speed of 10 m/s

As it was expected, the maximum velocity is found in the areas where there are no blades, where the minimum velocity is found after the wind has gone through the blades of the rotor.

The study was also done for a velocity of 5 m/s (closer to the wind velocity on which the wind turbine will be most of the time working):

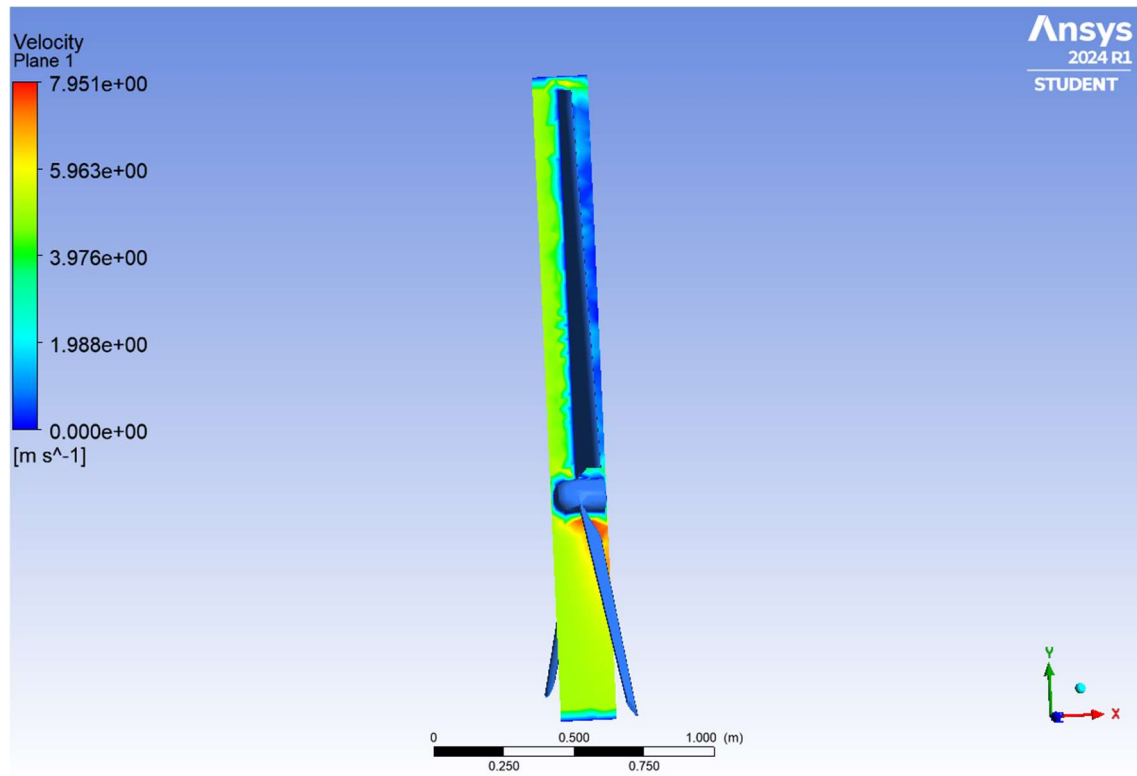


Fig. 36 Plane of velocity on the wind turbine for a wind speed of 5 m/s

As expected, the distribution of the wind around the rotor remains constant, even though the speed of the wind is smaller.

The same principle applies to the pressure distribution:

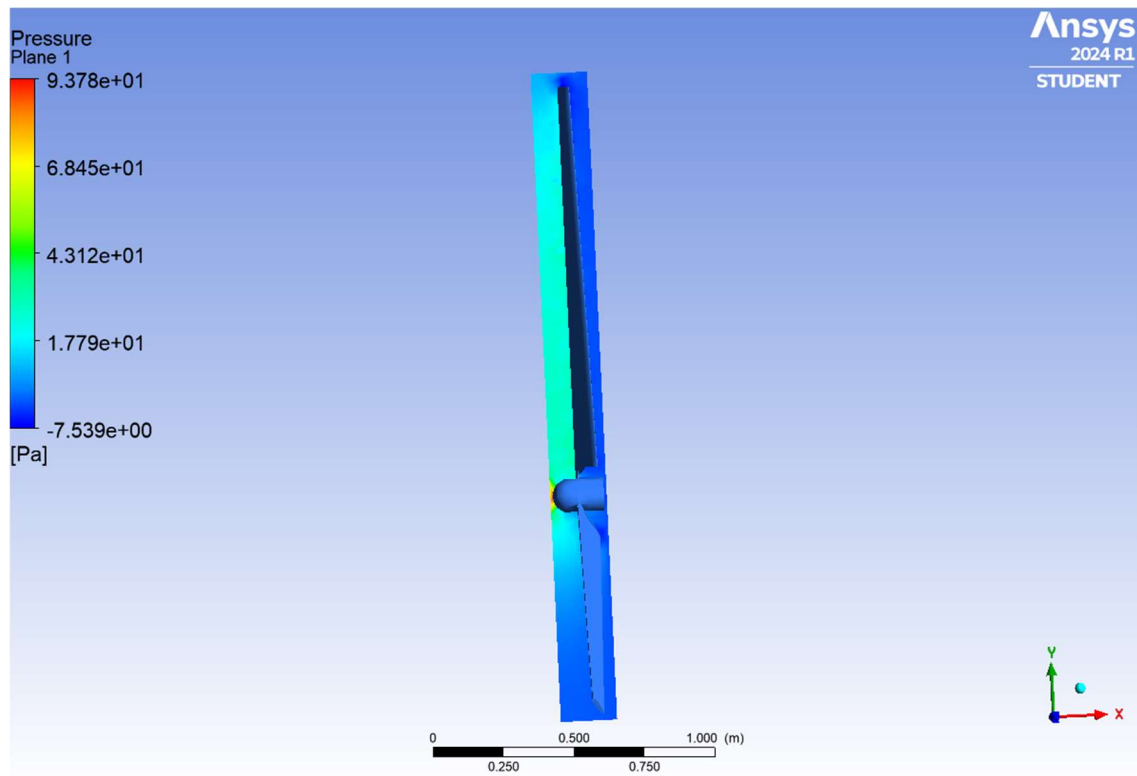
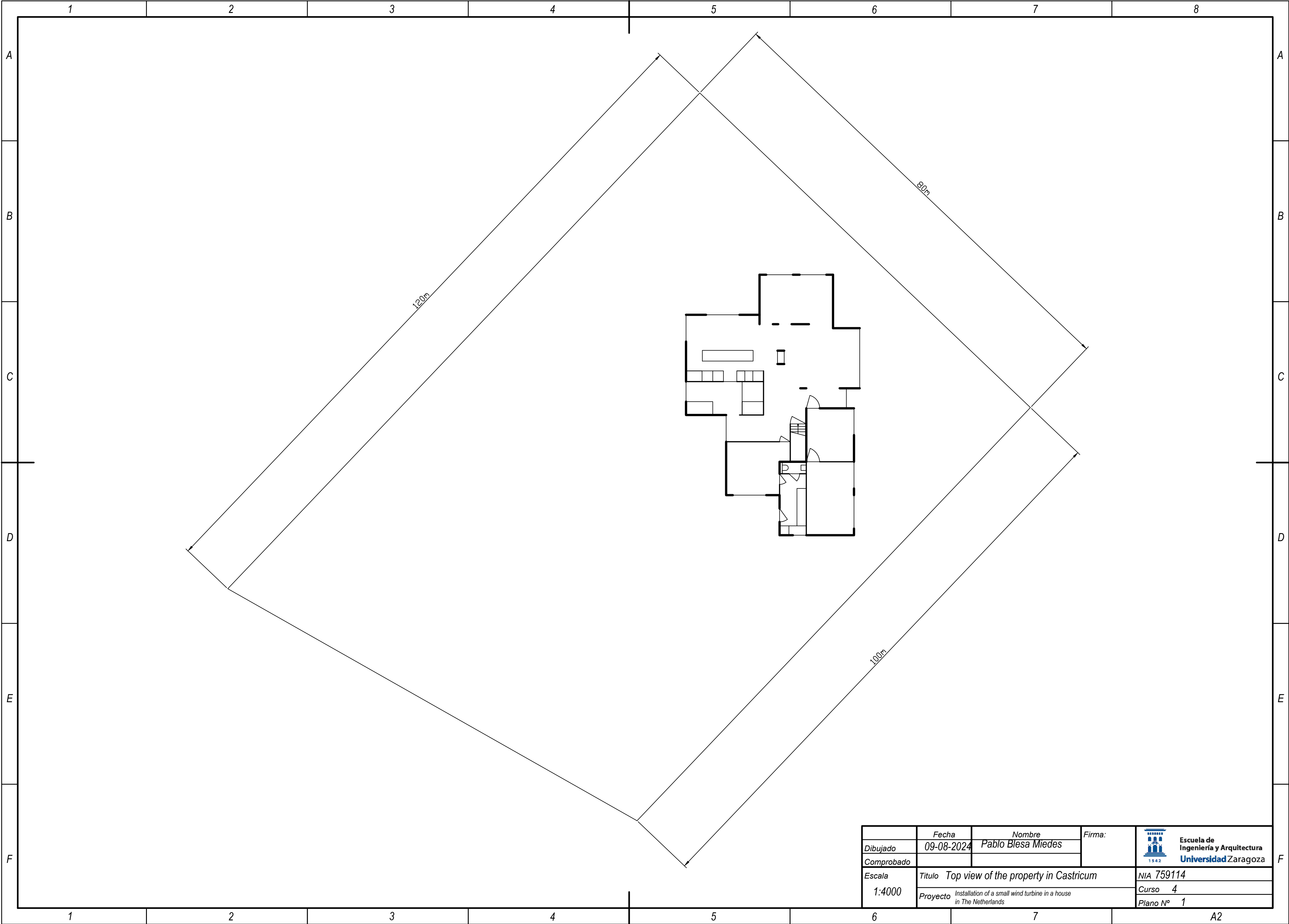
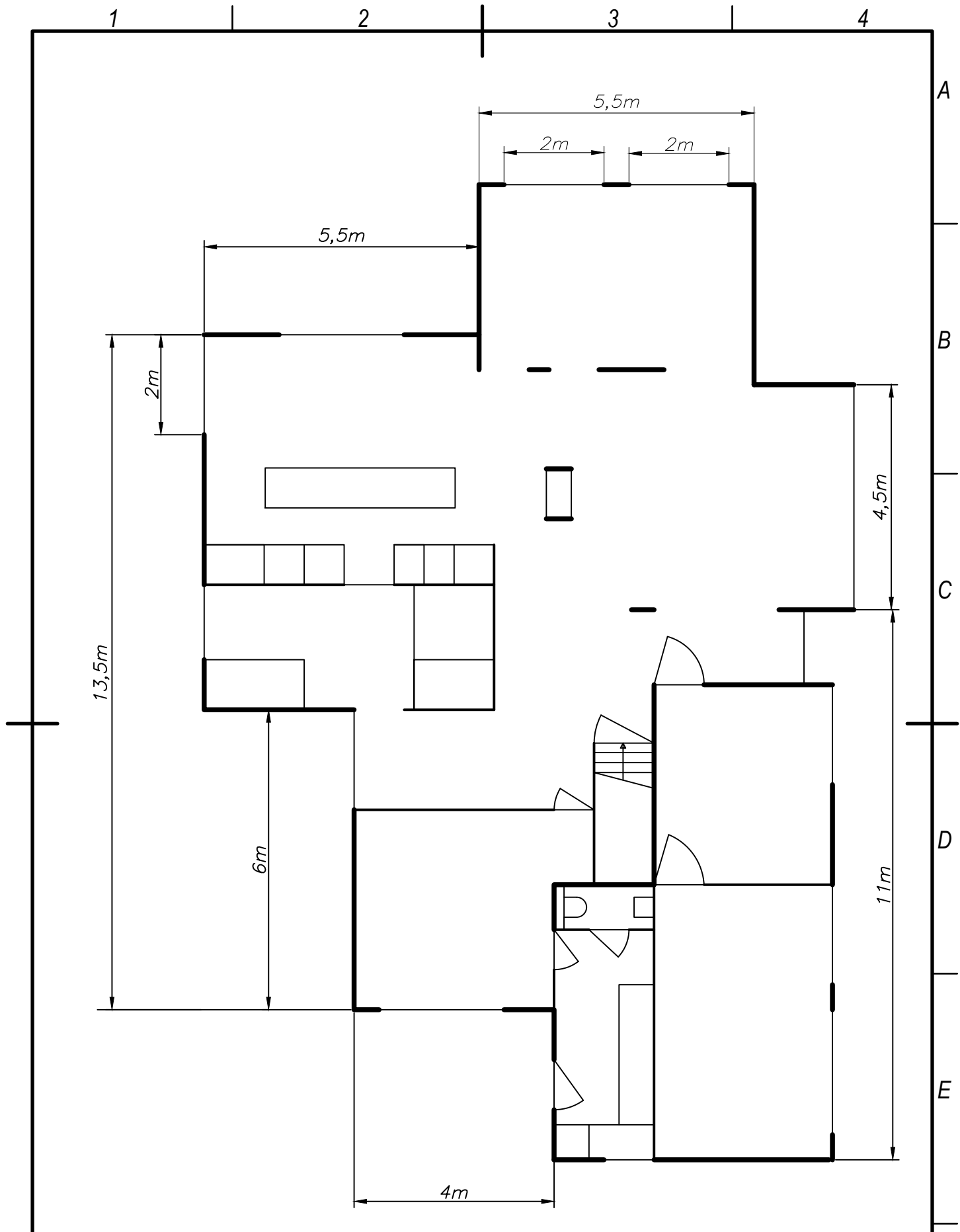


Fig. 37 Plane of pressure on the wind turbine for a wind speed of 5 m/s

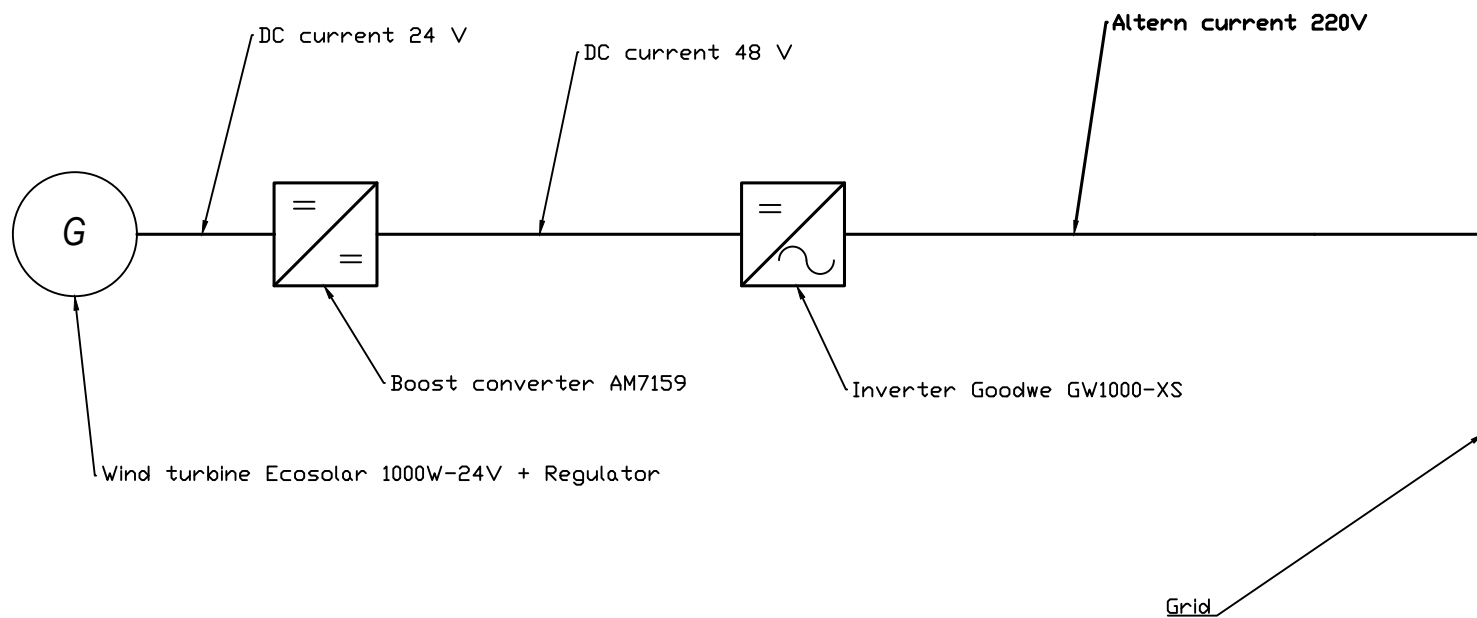
Annex 6: Planes



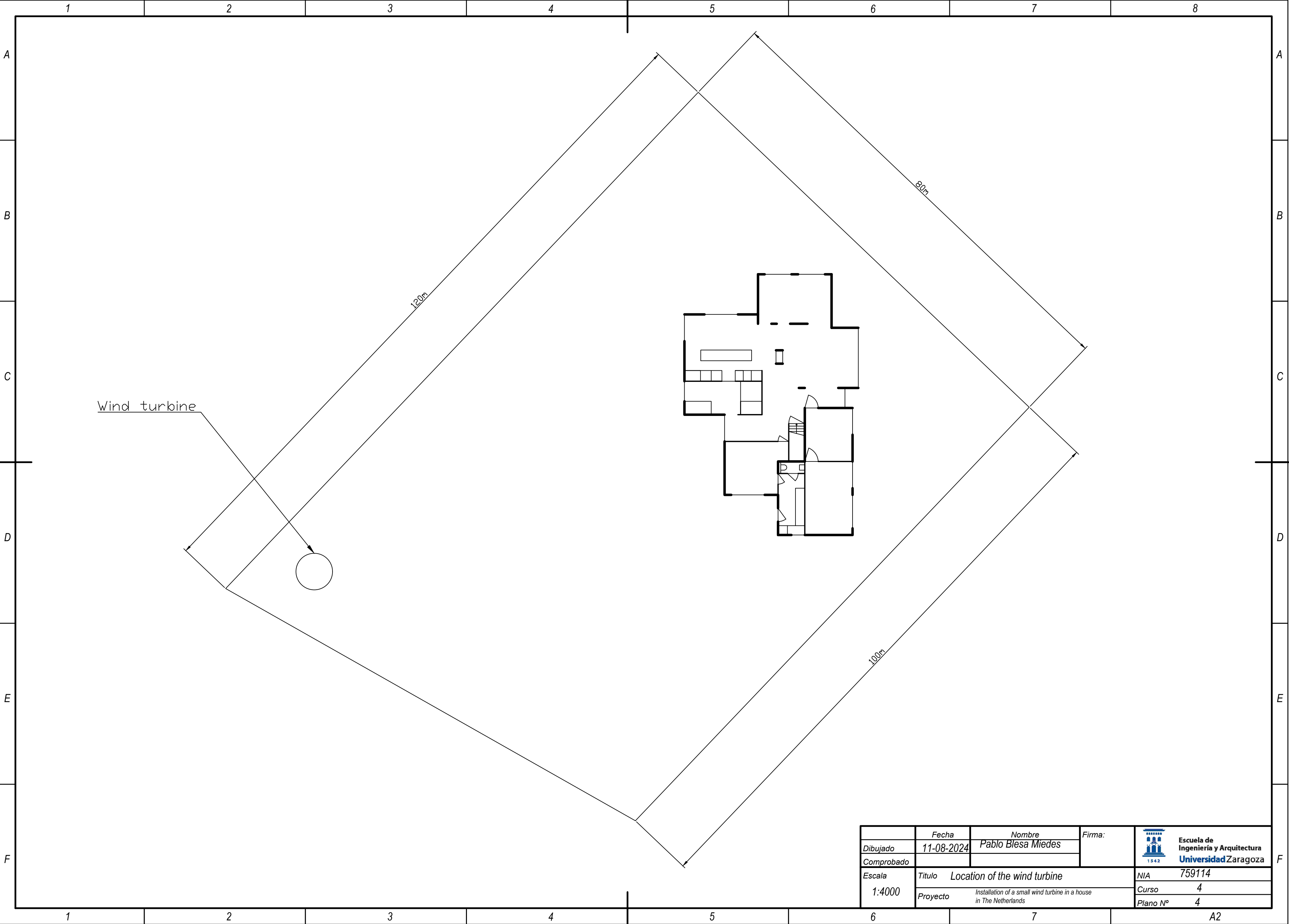
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	09-08-2024	Pablo Blesa Miedes		
Comprobado				
Escala	Titulo Top view of the property in Castricum			NIA 759114
1:4000	Proyecto Installation of a small wind turbine in a house in The Netherlands			Curso 4
				Plano Nº 1



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	F
Dibujado	03-08-2024	Pablo Blesa Miedes			
Comprobado					
Escala	Titulo Top view of the principal view of the house			NIA 759114	
1:100	Proyecto Installation of a small wind turbine in a house in The Netherlands			Curso 4	
				Plano Nº 2	



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	09-08-2024	Pablo Blesa Miedes		
Comprobado				
Escala	Título	Electric circuit	N/A	
	Proyecto	Installation of a small wind turbine in a house in The Netherlands	Curso	4
			Plano N°	3



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	11-08-2024	Pablo Blesa Miedes		
Comprobado				
Escala	Titulo Location of the wind turbine			NIA 759114
1:4000	Proyecto Installation of a small wind turbine in a house in The Netherlands			Curso 4
				Plano Nº 4

Conclusion

As it has been shown in this project, the installation of a small wind turbine has both pros and cons. The biggest problems that appear when installing a small wind turbine in The Netherlands are the legislation that restricts its installation, the pollution produced by the wind turbines (mainly visual and acoustical) and wind speed that goes through the turbine, as the turbine is fairly close to the ground, the wind speeds found there are significantly lower than the ones found in higher altitudes, and, in addition, they are more turbulent, which also has a negative impact on the power output.

On the other hand, it has been seen that in The Netherlands the wind speed is constant and does not vary very much regarding different stations, that allows to estimate the amount of power that the wind turbine will be able to generate, making it a sustainable and green option to power obtain energy. In addition, the payback time for the whole project is small, recovering the initial investment in approximately four years. Considering that the wind turbine has a life cycle of 20 years, that creates a total benefit of 25287.52 euros. Please note, that the money obtained by the installation of the wind turbine is an estimation, the lost of efficiency, turbulence of the winds, and the possibility of lower average winds speeds will make the total benefit obtained by the installation of the wind turbine lower than expected. Even though the total benefit will not be as high as expected, the results obtained give good reasons to think that the installation of a small wind turbine has a good impact in both economy and environment.

To end with, it must be said that the analysis of the installation of the wind turbine was made for a house with a wide garden and no obstacles nearby, because of that, the results of the installation of a wind turbine in the roof of a house or in a more populated area may differ substantially with the results obtained in this study.

Links of the research for wind turbines:

- https://www.ebay.es/itm/135036838933?chn=ps&var=434484892356&norover=1&mkevt=1&mkrid=1185-166800-721408-7&mkcid=2&itemid=434484892356_135036838933&targetid=2308550382662&device=c&mktype=pla&googleloc=9049218&poi=&campaignid=20430538241&mkgroupid=150763687086&rlsarget=pla-2308550382662&abclid=&merchantid=660573913&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1emzBhB8EiwAHwZZxRK7xFyTvyqsA1Ew3zUEReP421Dvq-AQYv8ov62_J3bLq8SGcYfAtRoClx8QAvD_BwE
- <https://www.damiasolar.com/img/cms/ft/da1979/Ficha%20t%C3%A9cnica%20aerogenerador%20Bornay%20Wind%2025-3%20Plus.pdf>
- https://www.vevor.es/turbina-de-viento-c_10731/vevor-kit-de-generador-de-turbina-eolica-800-w-12-v-3-palas-controlador-mppt-direccion-del-viento-ajustable-velocidad-de-arranque-del-viento-2-5-m-s-para-hogar-granja-vehiculos-recreativos-barcos-p_010289319230?adp=gmc&country=ES&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_id=21075169116&ad_group=160697624578&ad_id=692859256449&utm_term=&ad_source=1&gclid=CjwKCAjw1emzBhB8EiwAHwZZxdddOAv2IIY6zz8HEKVBgo1FoaciDjOra_FNjfUh-Z33hChMce2ZrRoC2voQAvD_BwE
- <https://www.windandsun.ie/product/800-wind-power-turbines/>
- <https://www.ebay.es/itm/235206321859?itmmeta=01J17FB6188GH728TGXXZDKYJ9&hash=item36c363a6c3:g:G1sAAOSwk3hkHBTb>
- <https://www.damiasolar.com/aerogeneradores/aerogenerador-ecosolar-aero-1000-24v-1000w.html>

Instalación de una pequeña turbina eólica en una casa de los Países Bajos

Contenido

Instalación de una pequeña turbina eólica en una casa de los Países Bajos	1
Anexos.....	3
Anexo 1: Información general.....	3
1.- Ubicación del aerogenerador.....	3
2.- Electricidad consumida y suministrada.....	5
Anexo 2: Estudio de resistencia del aerogenerador.....	13
Anexo 4: Información económica y fiscal	23
Anexo 5: Aproximación del análisis y la simulación de fluidos con el uso de Ansys	24
Anexo 6: Planos	27
Conclusión.....	28

Anexos

Anexo 1: Información general

1.- Ubicación del aerogenerador

Con el objetivo de crear un futuro más verde y reducir la dependencia de la red y su variación en el precio de la electricidad la instalación de un pequeño aerogenerador en una vivienda podría ser una solución. En los capítulos siguientes la viabilidad del proyecto será estudiada.

Lo primero que hay que hacer a la hora de realizar la instalación de un aerogenerador es seleccionar el lugar donde se va a instalar el aerogenerador. Como se ha explicado en la memoria, la potencia suministrada por un aerogenerador depende en gran medida de la velocidad del viento que atraviesa el rotor, por eso los aerogeneradores se deben de instalar en zonas donde la velocidad del viento es alta.

Los siguientes mapas muestran la velocidad media del viento a diferentes alturas entre los años 2008 y 2017 en los Países Bajos:

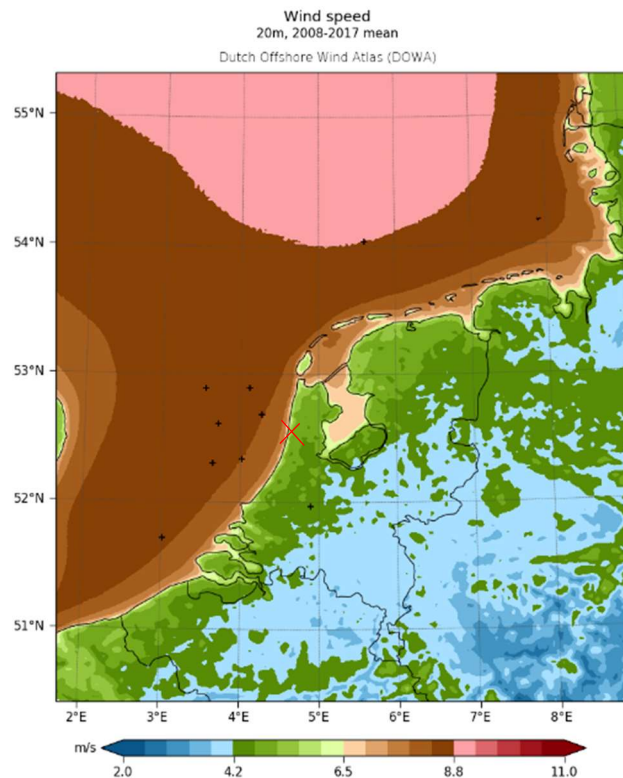


Fig. 1 Velocidad media del viento a 20 m de altura en los Países Bajos (10 Year Average Wind Speed for Different Heights | Atlas | Dutch Offshore Wind Atlas, s.f.)

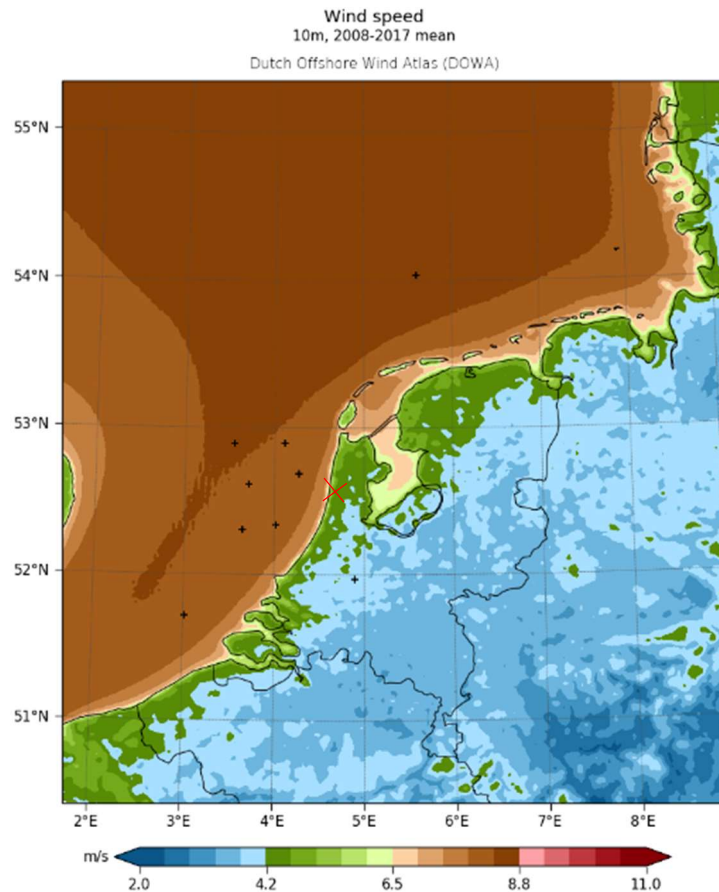


Fig. 2 Velocidad media del viento a 10 m de altura en los Países Bajos (10 Year Average Wind Speed for Different Heights | Atlas | Dutch Offshore Wind Atlas, s.f.)

Confirmando lo que se explicaba en la memoria, las mayores velocidades del viento se encuentran a lo largo de la costa y a mayor altitud.

La casa seleccionada se encuentra en Castricum, municipio situado en la costa oeste del país, en la provincia de Holanda Septentrional. La ubicación de la casa es ideal por las condiciones del viento y la falta de vecinos.



Fig. 3 Localización de Castricum (latitud.to)

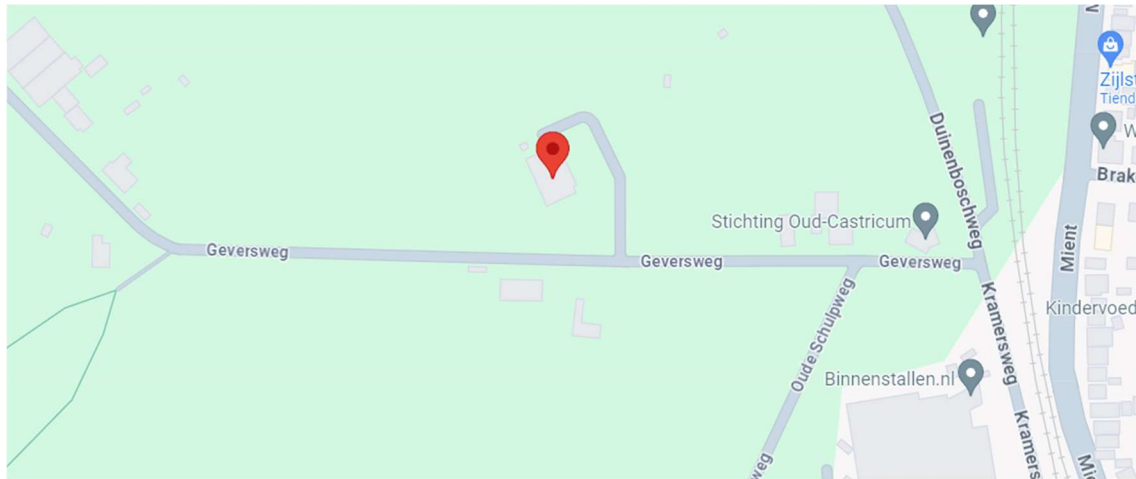


Fig. 4 Acercamiento a la ubicación (google maps)

La superficie aproximada de la parcela es de 9000 m², lo que da mucho espacio para la instalación del aerogenerador.

La elección de la casa no fue un reto difícil, por las condiciones ideales del viento, la falta de vecinos y la amplia zona disponible para instalar el aerogenerador. Además, Castricum es una ciudad que he visitado muchas veces, porque estaba a medio camino entre mi trabajo y donde solía vivir en los Países Bajos.

2.- Electricidad consumida y suministrada

Antes de sumergirnos en cuánta electricidad proporcionará el aerogenerador, es necesario hablar primero del consumo eléctrico y potencia contratada de la vivienda. Como no es posible obtener dichos datos de la casa elegida para este proyecto, se calculará según una estimación. Para ello, utilizaré los datos de la casa de mis padres.

Teniendo en cuenta que la casa de mis padres es más pequeña que la casa de Castricum, y que esta casa tiene 5 dormitorios, se puede estimar que habitarán la casa 5 personas (1 cama no se utilizará ya que será para invitados). En la casa de mis padres viven permanentemente dos personas, y la potencia contratada es de 4,4 kW mientras que el consumo eléctrico en 2023 fue de 2392,92 kWh. Desgraciadamente, la solución no es tan sencilla como multiplicar los datos obtenidos por 5/2, ya que algunos de los aparatos de la casa como el frigorífico, o la cocina, consumen aproximadamente, la misma cantidad de electricidad independientemente de la cantidad de personas que vivan en la casa. Por otro lado, hay algunos aparatos, como la secadora (muy común en las casas holandesas, pero no en las españolas) que deben tenerse en cuenta. Se ha creado una tabla para estructurar los cálculos, véase más abajo:

Dispositivo	Potencia necesaria (kW)	Consumo medio de energía al año (kWh)
Secadora	3	312 (2 horas semanales)
Sauna	4,5	234 (2 horas semanales, durante medio año)

Tabla 1 Dispositivos que deben tenerse en cuenta en la nueva propiedad

Además, cuando mi hermana y yo vivíamos con mis padres el consumo de electricidad aumentaba un 20% (10% por persona) en comparación con cuando mis padres viven solos, sabiendo esto, se puede calcular el consumo de electricidad al año y la potencia necesaria para alimentar la casa, véase más abajo:

$$\text{Consumo de energía} = 2392,92 * 1,3 + 312 + 234 = 3656,796 \text{ kWh}$$

Se ha de tener en cuenta que el sistema de calefacción de la casa no funciona con electricidad sino con gas. Además, hay que decir que, aunque la casa es más grande que en la de mis padres, se podría esperar un mayor consumo de energía debido a la iluminación de la casa, pero como la ésta tiene un diseño moderno, tiene muchas ventanas y el consumo de energía por bombilla es bajo gracias a las nuevas bombillas de bajo consumo, no se consideró necesario tener en cuenta el aumento del tamaño de la casa respecto a la iluminación.

Para calcular la potencia contratada, es necesario saber que aparatos pueden estar funcionando a la vez, es muy común que el secador y la sauna se utilicen a la vez, por eso considero que la potencia contratada debe ser:

$$\text{Power contracted} = 4,4 + 3 + 4,5 = 11,9 \text{ kW}$$

Para tener algo de margen, para no estar al límite de la potencia contratada, la potencia final contratada será de 13kW.

La atención se centra ahora en la potencia suministrada por el aerogenerador. La especificación más básica de un aerogenerador es la potencia nominal. Por ejemplo, una turbina pequeña puede tener una potencia nominal de 4 kW, pero eso no significa que la turbina vaya a producir esa energía todo el tiempo, porque la energía producida depende de la velocidad del viento. Por eso, la potencia nominal es la potencia que una turbina puede producir a una determinada velocidad del viento.

El siguiente gráfico muestra un ejemplo de la curva de potencia de un pequeño aerogenerador en función de la velocidad del viento:

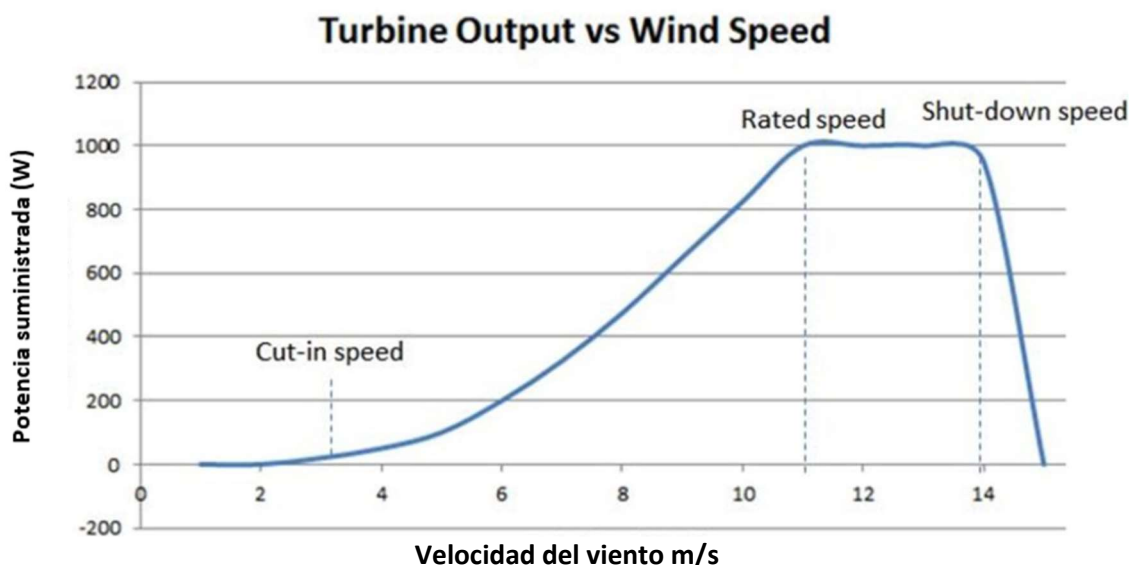


Gráfico 1 Potencia de la turbina en función de la velocidad del viento (today's home owner eco-friendly guide)

Aunque cada aerogenerador tiene una curva de potencia diferente (en función de la velocidad de trabajo para la que ha sido diseñado), todos los gráficos tienen la misma forma: la potencia aumenta con la velocidad del viento hasta su velocidad nominal, después se mantiene constante con el aumento de velocidad hasta que la turbina se para por razones de seguridad.

Este gráfico se refiere a la potencia, no a la energía. Las unidades de energía utilizadas para la demanda y el uso de electricidad son vatios-hora. Lo que significa que si una turbina funciona durante una hora a 1000 W, generará 1000 vatios-hora de energía.

La velocidad media del viento en Castricum a 10 metros de altura es de unos 5,8 m/s y no hay grandes variaciones de la velocidad del viento a lo largo del año (las mayores velocidades medias por hora del viento, que se registran en invierno, son de 6 m/s, mientras que las más lentas, que se registran en verano, son de 5,2 m/s). Por ello, para producir la mayor cantidad de energía, el aerogenerador seleccionado debería desarrollar su potencia nominal a una velocidad comprendida entre 5 y 6 m/s. (*Parque Weathers-Castricum*)

Tras haber realizado una investigación del mercado de pequeños aerogeneradores, se puede afirmar que casi todos los pequeños aerogeneradores desarrollan su potencia nominal a las mismas velocidades de viento (entre 10 y 14 m/s). Como la velocidad anual en Castricum a 10 metros de altura es de unos 5,8 m/s y la turbina no puede estar a más de 20 metros de altura debido a las leyes holandesas, el aerogenerador no funcionará a su velocidad nominal.

Pensando en ello, y con el objetivo de producir la mayor potencia posible al precio más barato, se compararon los dos diseños más interesantes que encontré, el aerogenerador Ecosolar 1000 24V y el aerogenerador Bornay wind 25-3+. Como uno de los objetivos es producir la mayor cantidad de energía posible, se podría pensar que un 5000W produciría cinco veces más la energía que un aerogenerador de 1000 W, pero como no están trabajando a la velocidad nominal, un Ecosolar 1000 24V puede producir casi la misma energía (a la velocidad media de 5,8 m/s) que una turbina de 5000 W, ver gráficos abajo:

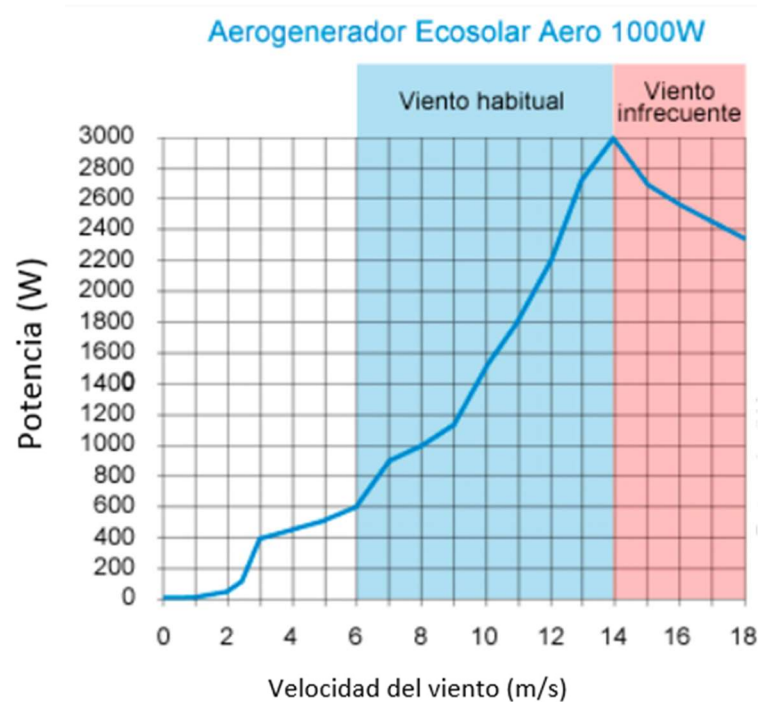


Gráfico 2 Potencia de la turbina Ecosolar 1000 24 V en función de la velocidad del viento (Damia solar)

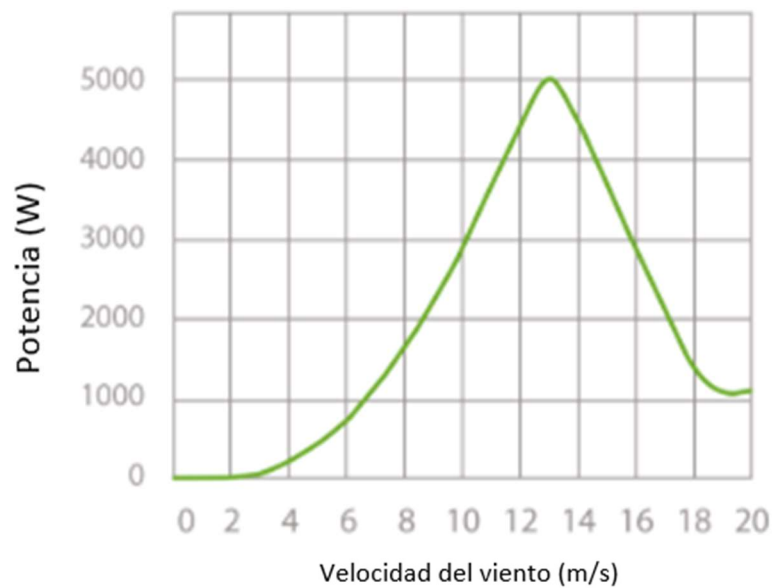


Gráfico 3 Potencia de la turbina Bornay wind 25-3+ en función de la velocidad del viento (Bornay)

A una velocidad de 5,8 m/s la turbina Ecosolar 1000W-24 V produce aproximadamente 590W, mientras que la turbina Bornay wind 25-3+ produce alrededor de 700W. Según la potencia el Bornay wind 25-3+ parece una mejor opción, pero antes de llegar a ninguna

conclusión hay que tener en cuenta el precio. El coste de la turbina Ecosolar 1000W-24V es de 1446 euros, mientras que el coste de la turbina Bornay wind 25-3+ es de 9895 euros.

Para determinar si merece la pena pagar 8449 euros de diferencia por 110 W más de potencia, hay que estudiar también el coste de la electricidad en los Países Bajos. Con un coste de 0,32 euros por kWh y tomando como aproximación válida que el aerogenerador estará funcionando constantemente a la velocidad media anual, la cantidad de dinero que se ahorrará cada año utilizando la turbina Bornay wind 25-3+ será:

$$0.32kWh * \frac{1kW}{1000W} * 110Wh * \frac{24h}{1 día} * 365 \frac{días}{año} = 308€/año$$

Para recuperar la inversión inicial de la compra del aerogenerador más caro haría falta:

$$\frac{8449€}{308€/year} = 27.43 \text{ año}$$

Tenga en cuenta que los costes de mantenimiento no se han tenido en cuenta porque las dimensiones ambas turbinas son muy similares (diámetros de los rotores de las turbinas 4,05m y 2,9m, para la Bornay y Ecosolar respectivamente), y además la altura de la torre será la misma para ambos aerogeneradores.

Después de haber comparado ambos aerogeneradores, me decidí por el Ecosolar 1000W-24V por su menor precio y su alimentación similar a la del aerogenerador Bornay.



Fig. 7 Ecosolar 1000W-24V (Damia Solar)

Además del aerogenerador, se necesitarán más componentes:

- Torre: Para sostener el peso de la turbina y colocarla lo más alto posible con el fin de estar en un lugar con velocidades de viento más altas y menos turbulentas. El mercado de las torres es muy limitado porque principalmente la instalación de las torres la realizan subcontratistas locales que crean ellos mismos las torres con los planos dados por la empresa de aerogeneradores. Eso hace difícil tener una estimación de los precios y encontrar diferentes modelos. A pesar de las dificultades, de las opciones que pude encontrar, seleccioné esta torre de celosía, que tiene 13 m de altura y un coste de 2706€.



Fig. 8 Torre de celosía (Eco fener)

- Inversor: Para conectar el aerogenerador a la red y poder alimentar los electrodomésticos, es necesario transformar la corriente continua de 24 V en corriente alterna de 220 V. La transformación de corriente continua en corriente alterna puede hacerse con un inversor. Los inversores pueden ser monofásicos o trifásicos, como la conexión eléctrica en la mayoría de las casas y en esta casa es monofásica, el inversor será monofásico. El inversor seleccionado es el Goodwe GW1000-XS, con una eficiencia del 97%, capaz de convertir 1300W de potencia, con un precio de 321€:



Fig. 9 Inversor Goodwe GW1000-XS (Damia Solar)

- **Convertidor elevador DC-DC:** La tensión mínima de arranque para el inversor anteriormente mencionado es de 40 V, como la turbina produce electricidad a 24 V, será necesario un convertidor elevador DC-DC para elevar la tensión. El convertidor boost elegido, tiene un precio de 203€, eleva la tensión de 24 V a 48V, tiene una eficiencia del 97% y puede transformar hasta 960W. Además, también incluye protección contra sobrecargas de tensión y sobrecalentamiento. Ver más abajo:



Fig. 10 Convertidor Boost AM7159 (Ampul)

- Cables eléctricos: Para transportar la electricidad. El precio de 200m de cables 115€.



Fig. 11 Cables eléctricos de la marca prysmian (Damia solar)

Una vez explicados los componentes principales, la atención se centra ahora en las situaciones en las que no hay viento suficiente para alimentar la casa o cuando la energía producida por el aerogenerador no se consume en su totalidad. Para evitar que se desperdicie la energía producida por el aerogenerador o que no se pueda alimentar la casa, existen dos configuraciones diferentes.

- Conexión de la turbina eólica a la red en modo de respaldo: Cuando el aerogenerador produce más electricidad de la que consume, la energía que no se consume va a la red, en la que la compañía eléctrica que suministra electricidad a la casa pagará por la electricidad suministrada por el aerogenerador a la red. Por otro lado, cuando la casa necesita más electricidad que la suministrada por el aerogenerador, la compañía eléctrica suministra la electricidad necesaria desde la red.
- Uso de baterías: Pueden utilizarse para almacenar la electricidad producida por el aerogenerador.

La eficiencia de las baterías se reduce con el tiempo y, además, el aerogenerador no produce energía suficiente para alimentar toda la casa, por lo que la conexión a la red en modo de respaldo se consideró una mejor opción.

Anexo 2: Estudio de resistencia del aerogenerador

Con el objetivo de estudiar el comportamiento del aerogenerador cuando soplan vientos de alta velocidad, se realizó un estudio en Ansys.

La geometría del aerogenerador se creó siendo lo más fiel posible al aerogenerador adquirido, véase más abajo:

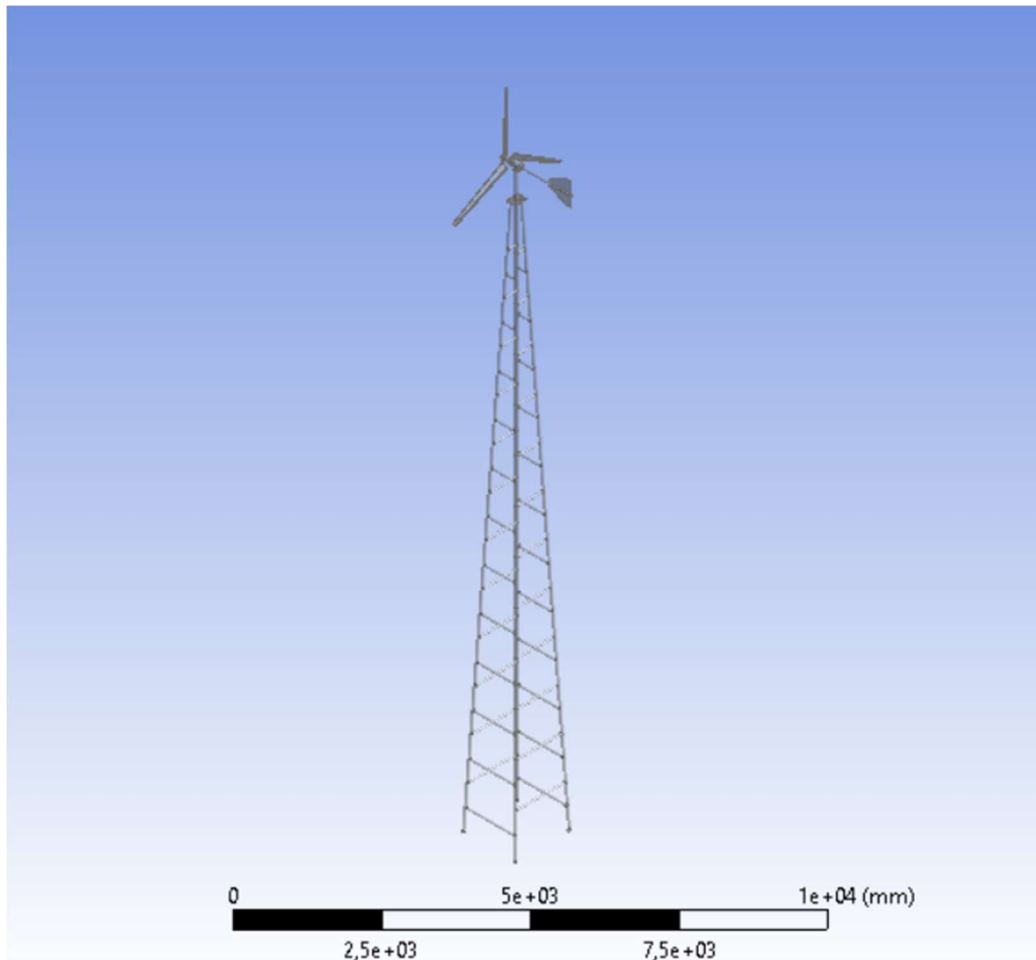


Fig. 12 Geometría del aerogenerador+torre

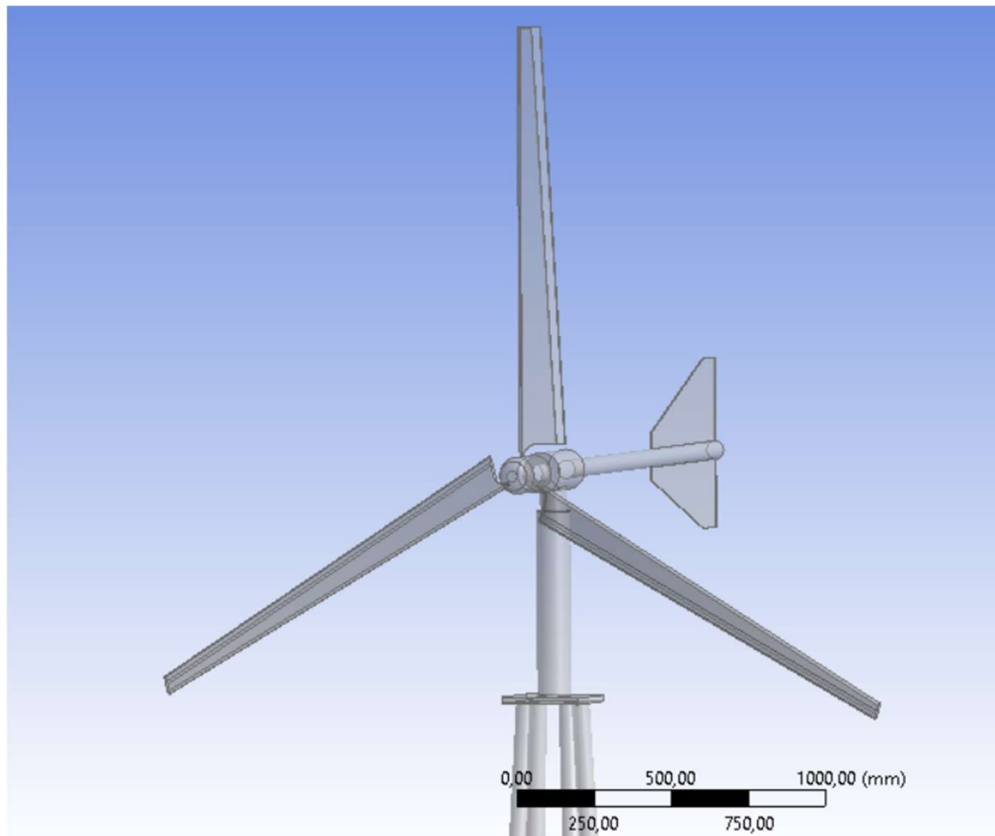


Fig. 13 Vista más cercana del aerogenerador

Una vez creada la geometría, se malló:

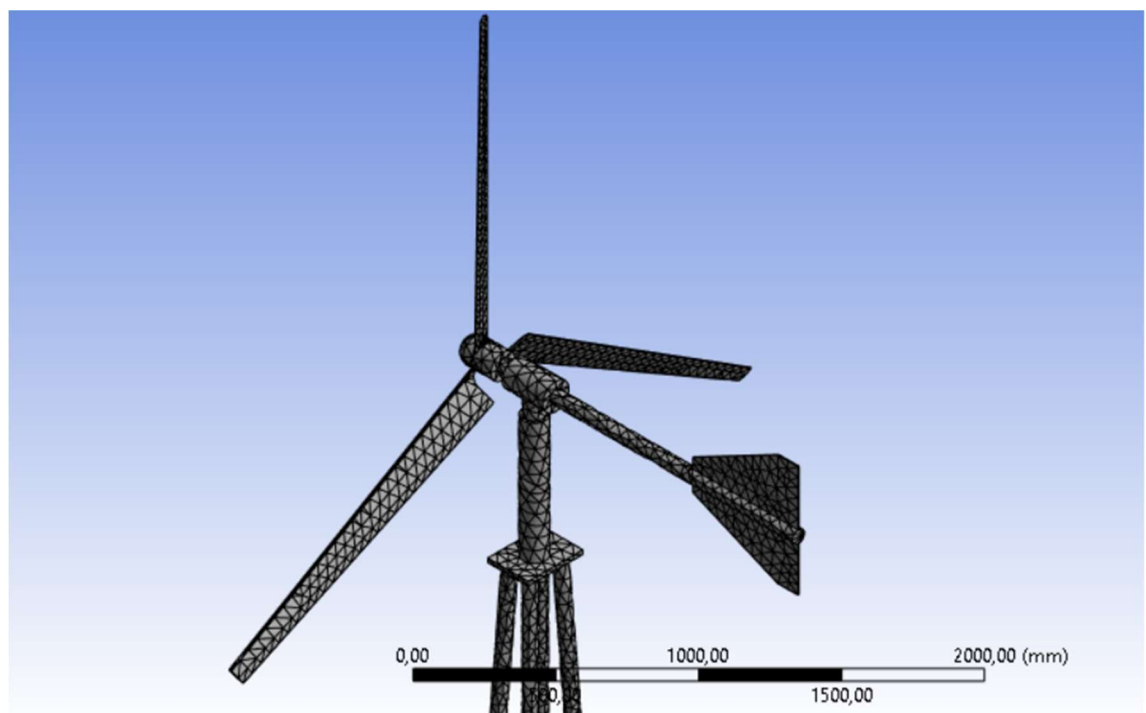


Fig. 14 Malla del aerogenerador

A continuación, se asignó el material y las fuerzas, utilizándose aluminio tanto para el rotor como para la estructura. En cuanto a las fuerzas, se definió la parte inferior de la estructura como soporte fijo, y en el primer estudio se aplicaron fuerzas superficiales de 98N en las palas y patas de la estructura, tratando de estimar un viento con la dirección en el eje x. Véanse las figuras siguientes:

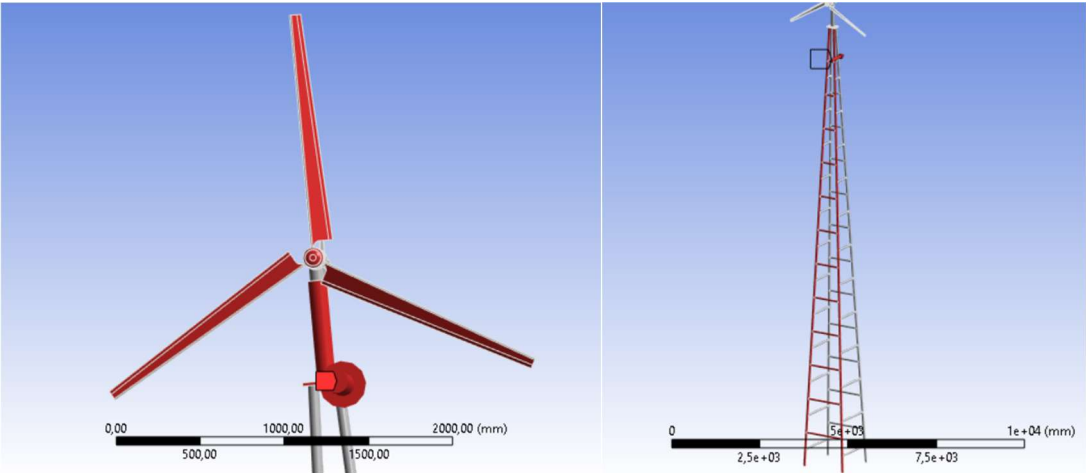


Fig. 15 y 16 Fuerzas aplicadas al aerogenerador

Una vez definido el problema en Ansys, se estudió la deformación direccional en el eje x, la tensión principal máxima y la deformación principal máxima.

En cuanto a la deformación direccional, la deformación máxima se encontró en las palas del rotor. La torre y la cola del aerogenerador no sufrieron ninguna deformación. Véase la figura siguiente:

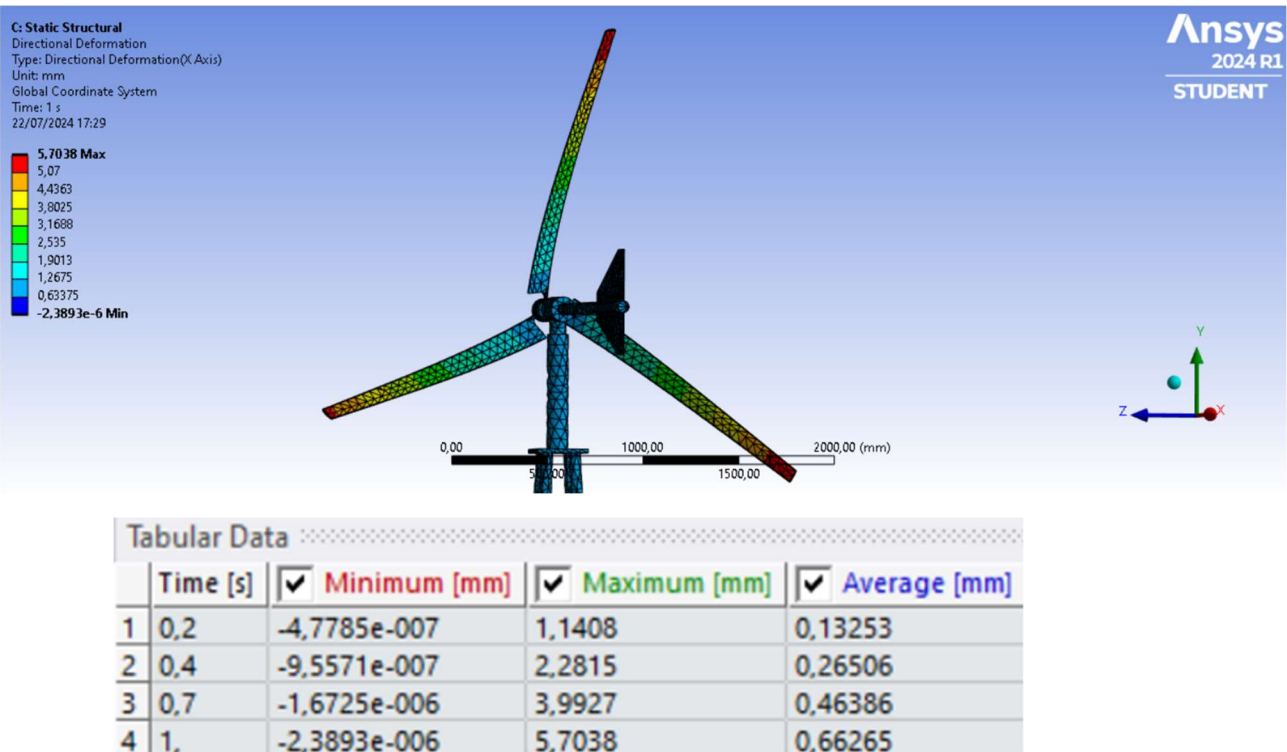


Fig. 17 & 18 Deformación direccional en el eje x en el aerogenerador

Al estudiar la tensión principal máxima, los valores más altos se encontraron en el centro del rotor, donde las palas conectan con la cabeza del rotor:

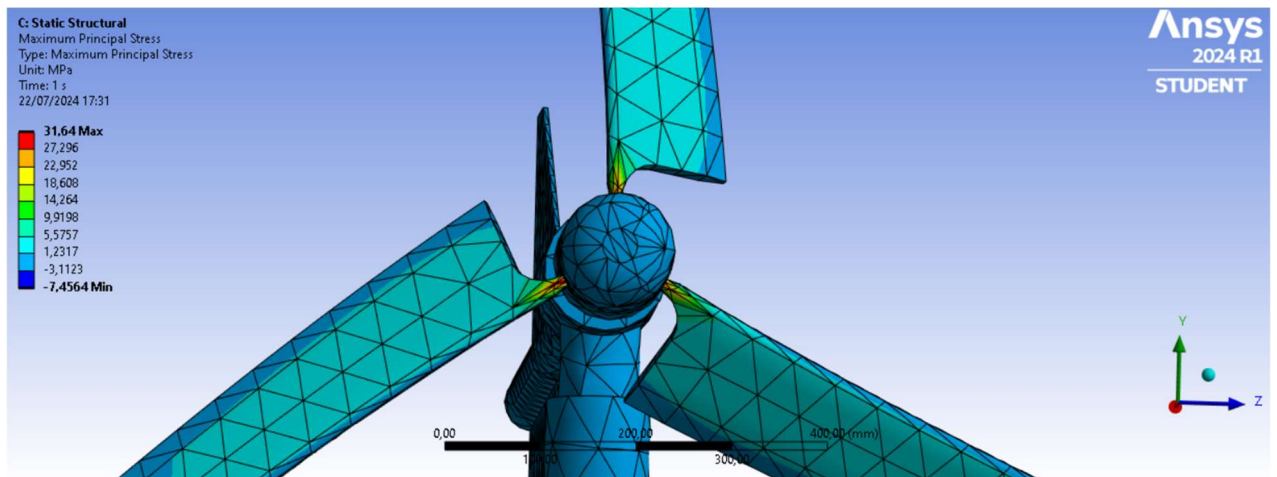


Fig. 19 Tensión principal máxima

Para finalizar con la deformación elástica máxima, los valores encontrados fueron muy pequeños, debido a ello, la deformación elástica puede considerarse nula:

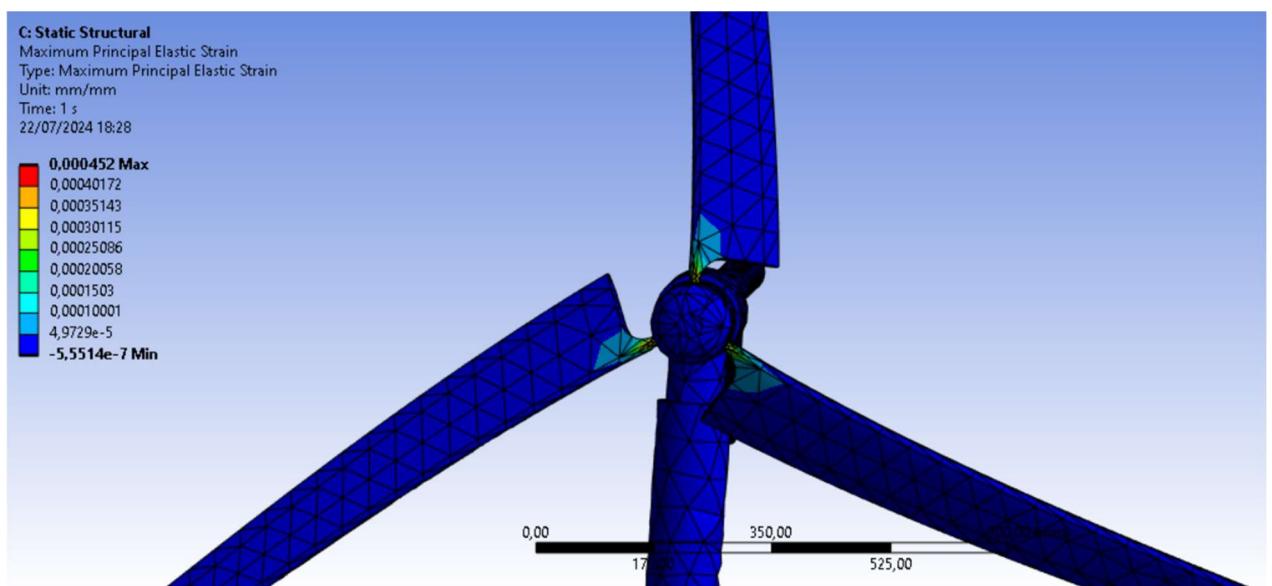


Fig. 20 Deformación elástica principal máxima

Efecto del ángulo de la pala

Este primer estudio en Ansys se realizó para un ángulo del rotor de 60°, para comprobar cómo afecta el ángulo del rotor a la deformación y tensión, también se estudiaron ángulos de 75° y 45°.

Como era de esperar, la deformación direccional en el eje x experimentada con un ángulo de 75° es mayor que la experimentada con un ángulo de 60° grados.

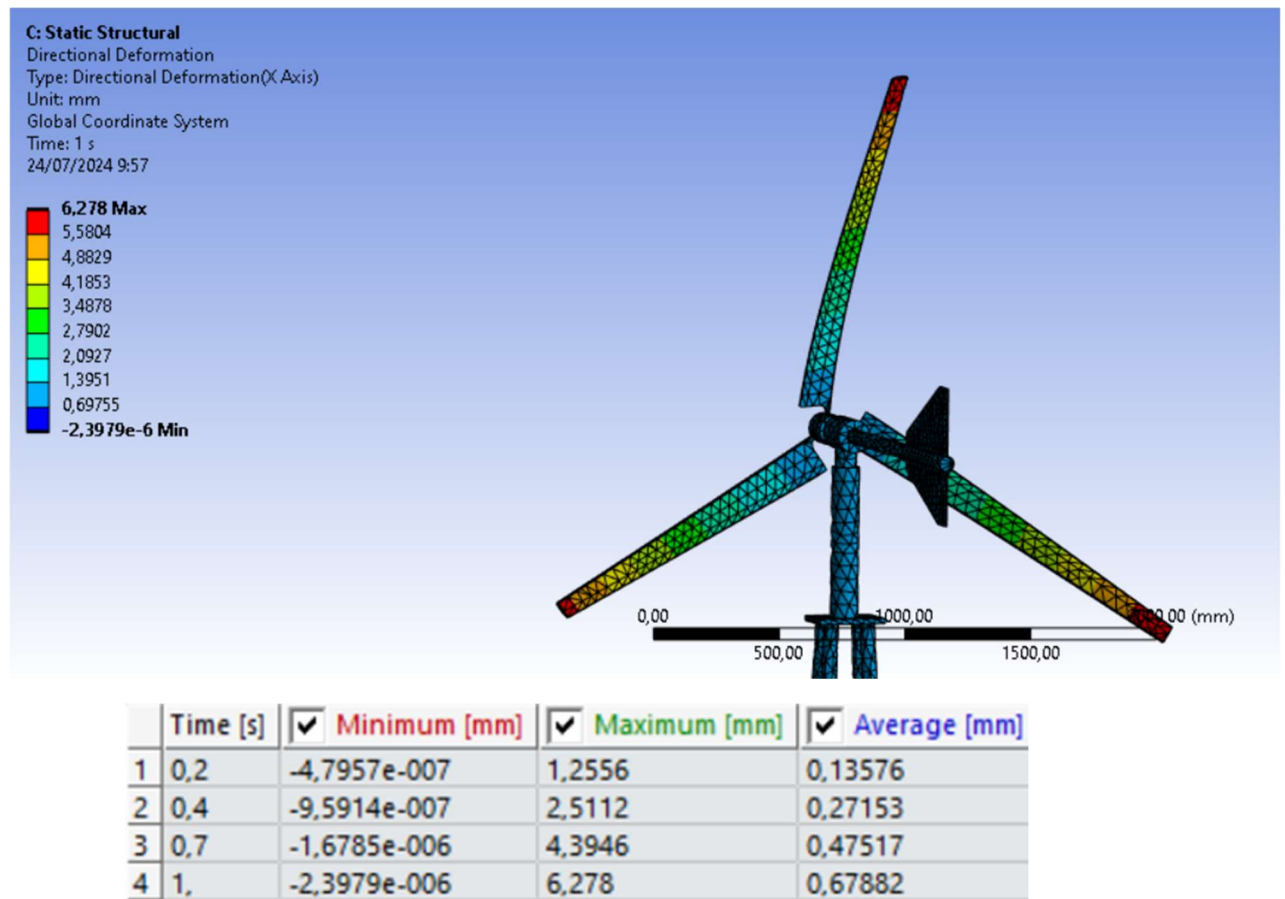
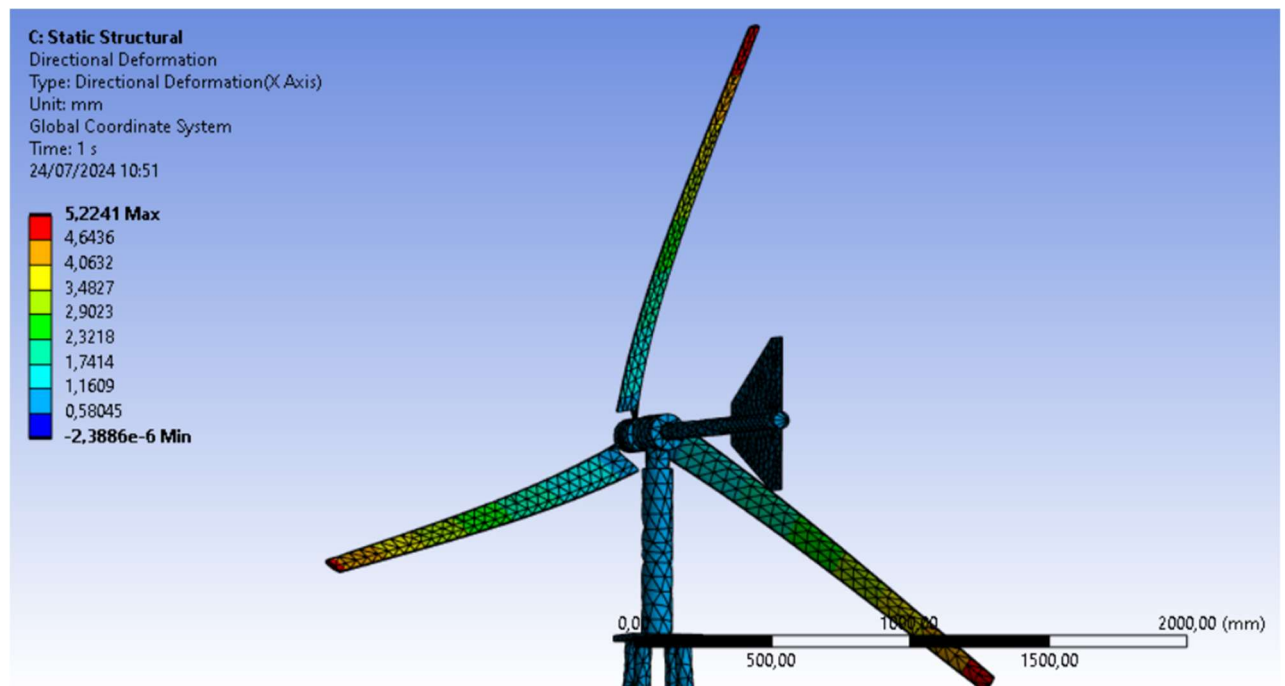


Fig. 21 & 22 Deformación direccional para un ángulo de pala de 75°.



	Time [s]	✓ Minimum [mm]	✓ Maximum [mm]	✓ Average [mm]
1	0,2	-4,7772e-007	1,0448	0,12954
2	0,4	-9,5545e-007	2,0896	0,25909
3	0,7	-1,672e-006	3,6568	0,4534
4	1,	-2,3886e-006	5,2241	0,64772

Fig. 23 & 24 Deformación direccional para un ángulo de las palas del rotor de 50°.

Después de haber estudiado la deformación en función del rotor de la pala, se observó que cuanto mayor es el ángulo de las palas del rotor mayor es la deformación. También se estudiaron las deformaciones en los ejes y y z, siendo significativamente menores que las experimentadas en el eje x. Por ejemplo, la deformación máxima experimentada en el eje z para un ángulo de las palas del rotor de 50° fue de 0,87 mm, mientras que la experimentada en el eje y fue de 1,49 mm. Por ello, el estudio de la deformación se centró principalmente en el eje x.

Pasando ahora a la tensión principal máxima, los valores más altos se encontraron con un ángulo de las palas del rotor de 50°, mientras que los valores mínimos se encontraron con un ángulo de las palas de 75°. Véanse las figuras siguientes:

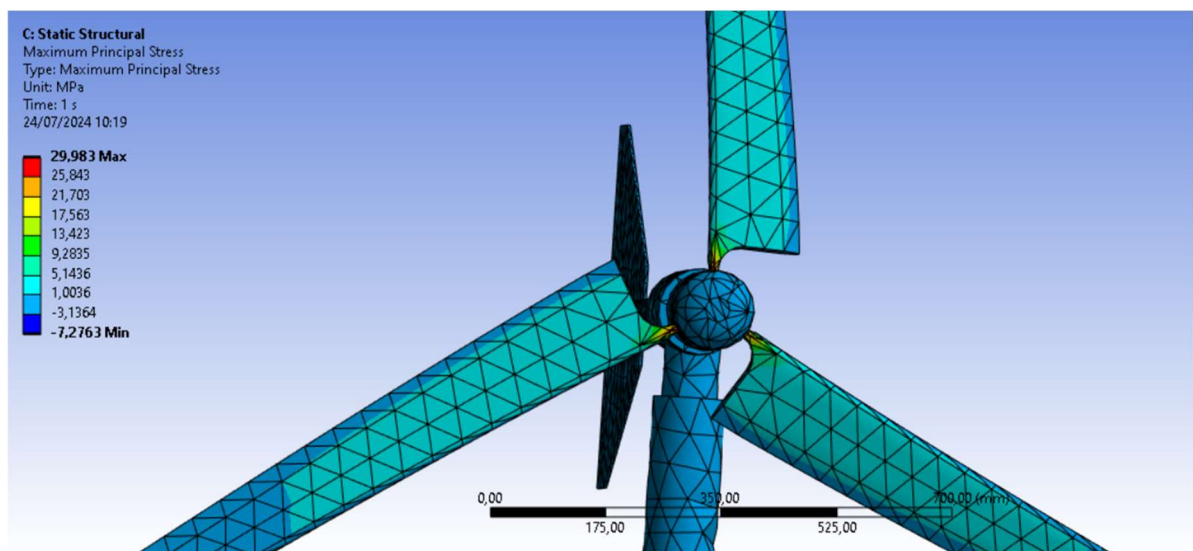


Fig. 25 Tensión principal máxima para un ángulo de pala de 75°

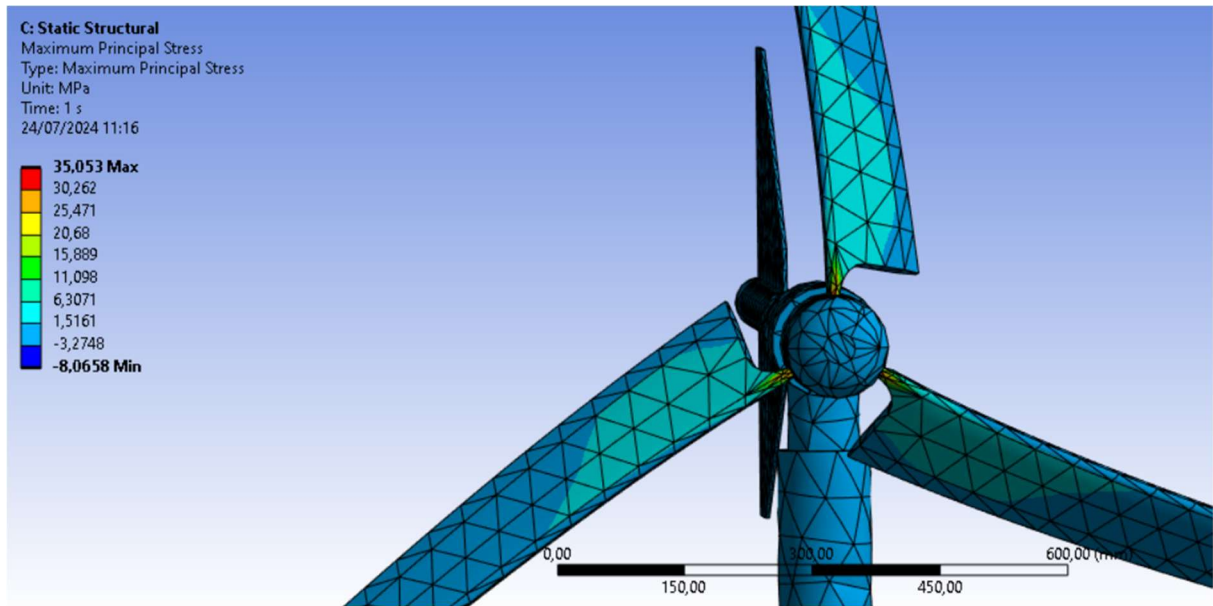


Fig. 26 Tensión principal máxima para un ángulo de pala de 50°

También se estudiaron las deformaciones elásticas, siendo también próximas a cero en todos los casos, véase más adelante:

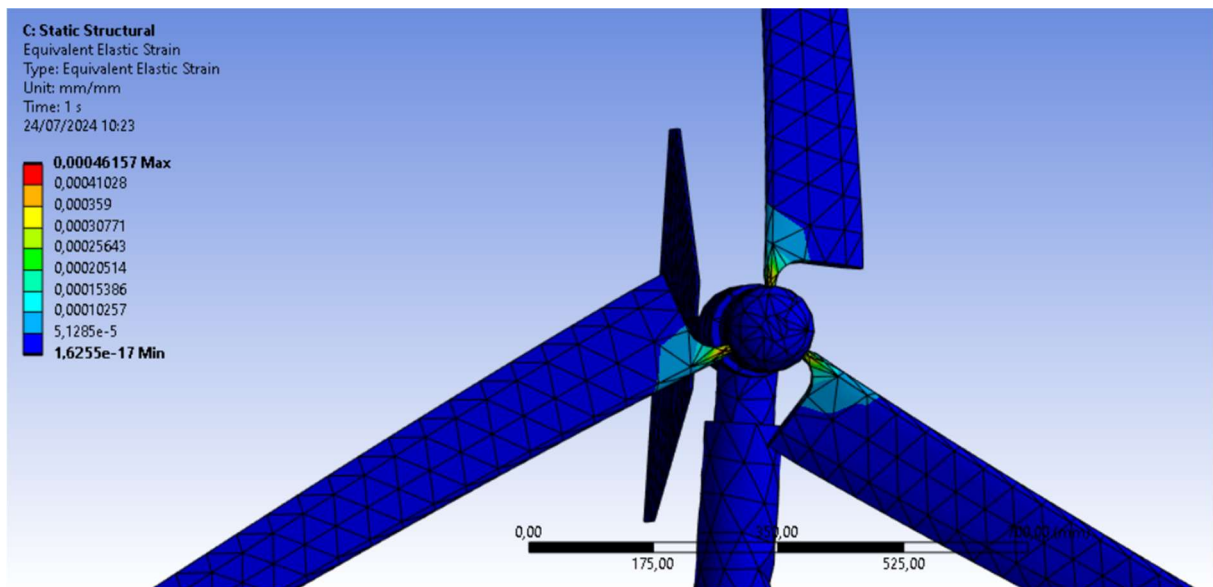


Fig. 27 Esfuerzo elástico principal máximo para un ángulo de pala de 75°

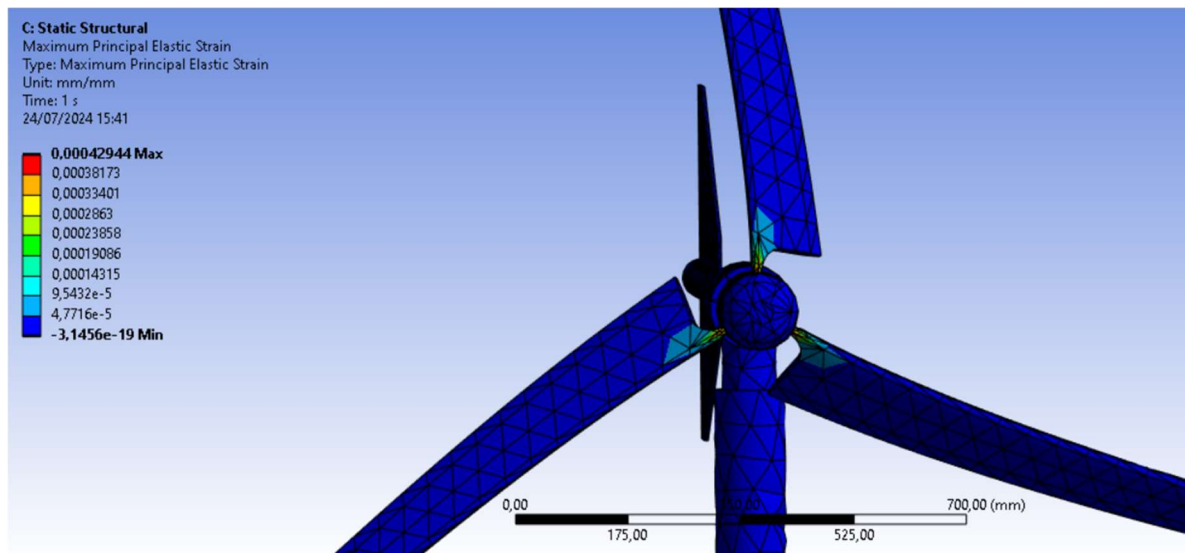


Fig. 28 Esfuerzo elástico principal máximo para un ángulo de pala de 50°

Efecto de las fuerzas

Volviendo a la geometría inicial con un ángulo de pala de 60°, el foco del estudio pasa ahora a las fuerzas aplicadas al aerogenerador. Inicialmente, como se ha explicado anteriormente, las fuerzas aplicadas fueron fuerzas de 98N aplicadas uniformemente en las palas y en dos de las patas de la torre. Se estudiaron fuerzas de 980 N y 500 N.

En cuanto a la deformación, aumentó con las fuerzas más altas, como era de esperar. Para una fuerza de 980 N la deformación máxima fue de 58 mm, mientras que para 500 N fue de 29 mm, véanse las figuras siguientes:

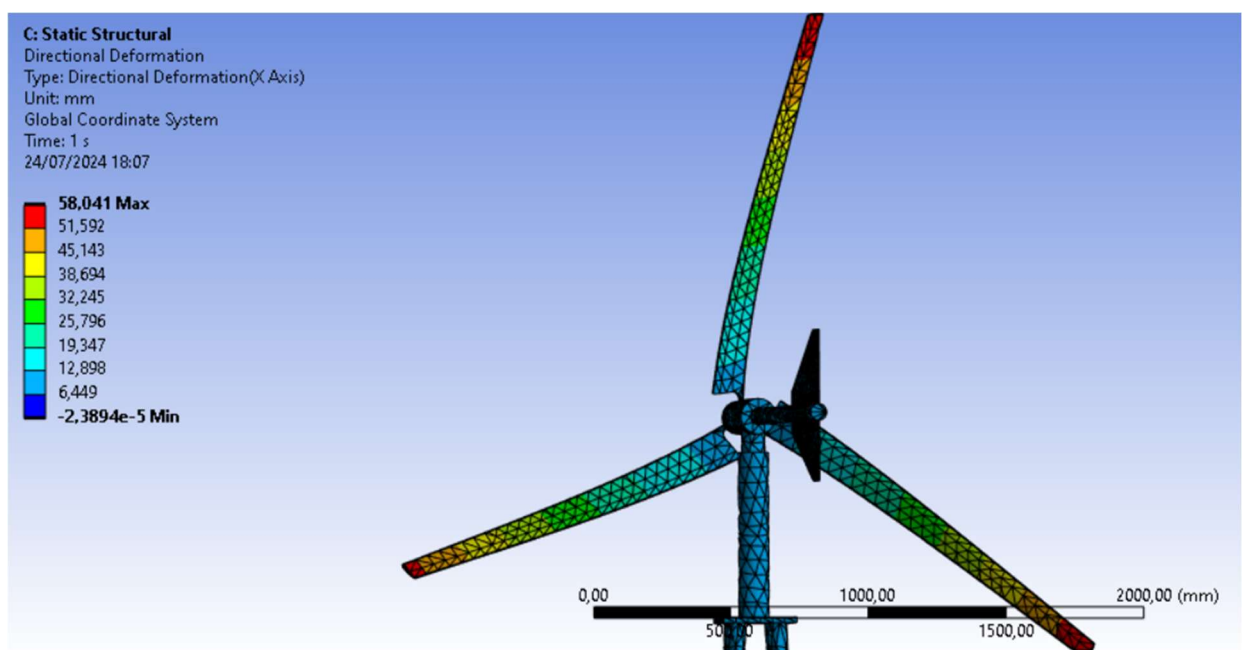


Fig. 29 Deformación direccional en el eje x para 980N

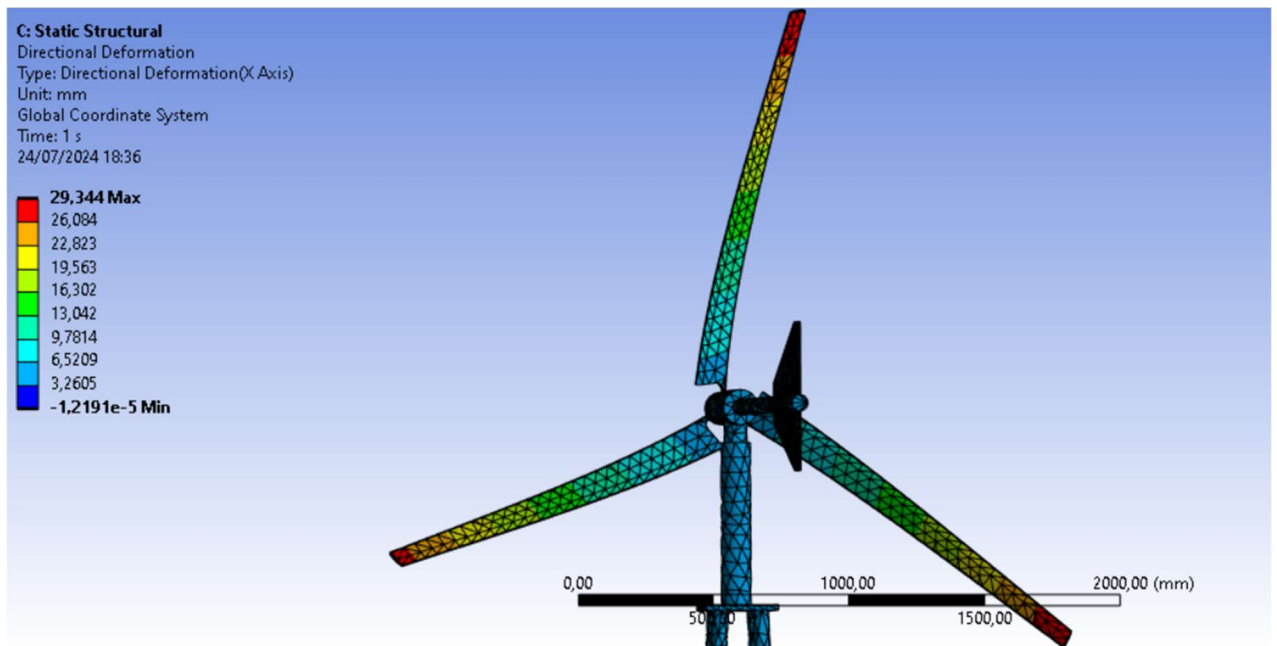


Fig. 30 Deformación direccional en el eje x para 500N

También se encontraron valores más altos de tensión principal máxima cuando se aplicaron fuerzas más elevadas.

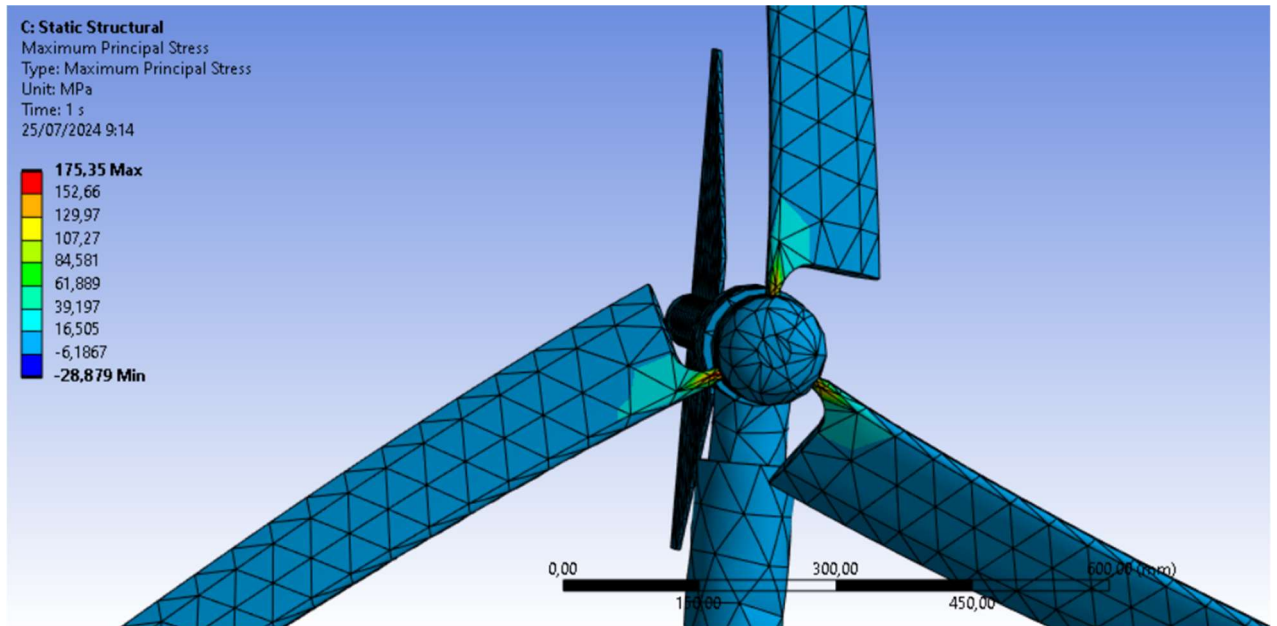


Fig. 31 Tensión principal máxima para una fuerza de 500N

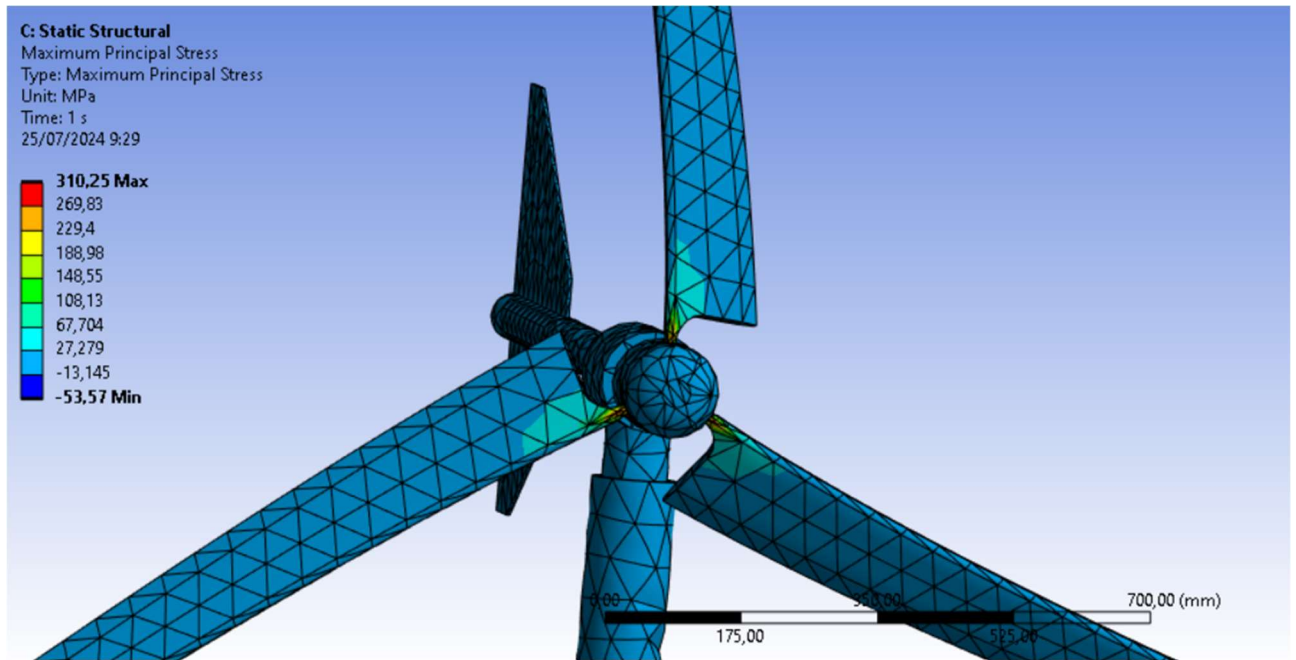


Fig. 32 Tensión principal máxima para una fuerza de 980N

La tensión principal máxima es sustancialmente mayor cuando se aplican fuerzas mayores, por lo que debe tenerse muy en cuenta la zona en la que las palas se unen al centro del rotor. Esta zona experimentará fuerzas de compresión, tensión, fatiga y torsión. Además, es una zona muy pequeña, sabiendo todo esto, es previo garantizar un buen diseño y mantenimiento de esa parte del aerogenerador.

Por último, en cuanto a las deformaciones elásticas principales, como sus valores siguen siendo muy próximos a cero, no se analizarán en este estudio.

Anexo 4: Información económica y fiscal

También se realizó un estudio del coste del proyecto. Se mencionó anteriormente el precio de todos los componentes, que asciende a un total de 4791 euros. Además, también se tuvieron en cuenta los costes de la instalación. En la instalación de la turbina eólica trabajarán dos tipos diferentes de obreros:

- Trabajadores de la construcción: Se encargarán de la instalación de la torre en el jardín de la casa.
- Electricistas: Que tendrán que instalar el aerogenerador en lo alto de la torre además de conectar los cables a la red.

Para la instalación de la torre, se estimó que bastarían 8 horas de trabajo de un equipo de tres personas para completar el trabajo, ya que sólo es necesario cavar un agujero en el suelo y rellenarlo de hormigón. Una vez que el hormigón esté seco, podrá procederse a la instalación de la turbina eólica, para lo que será necesario que un equipo de dos electricistas trabaje también 8 horas.

El salario medio de los obreros de construcción y los electricistas en Holanda es de 23 y 29 euros por hora, respectivamente. Teniendo en cuenta las horas de trabajo de cada obrero, el coste total de contratar a los electricistas y obreros asciende a 1.016 euros. Por último, añadiendo también los costes de los materiales utilizados para la instalación, como el hormigón, el coste de la instalación se ha estimado en unos 1400 euros.

Lamentablemente, el Gobierno neerlandés no concede subvenciones para este tipo de aerogeneradores. Para poder recibir una subvención del gobierno, el aerogenerador debe tener una superficie mínima de rotor de 50 m², la cual es superior a la superficie de rotor de 6,6 m² del aerogenerador instalado.

En cuanto al mantenimiento del aerogenerador, será realizado una vez al año por un experto en la materia, que comprobará el correcto funcionamiento del sistema mecánico y eléctrico del aerogenerador. Se tardará 2 horas en hacer todo el mantenimiento, y se estima que el trabajador cobrará 40 euros por hora, lo que hace un total de 80 euros al año.

Una vez definidos los costes de todo el proyecto, es interesante estudiar el tiempo que se tardará en recuperar la inversión inicial del aerogenerador. Haciendo una suma simple, se determinó el coste total del proyecto, siendo un total de 6191 euros.

Tomando como aproximación válida que el aerogenerador producirá una potencia media horaria de 590 W (a una velocidad del viento de 5,8 m/s) y considerando el precio de la electricidad de 0,32 euros por KWh, se puede determinar la cantidad de dinero que ahorra anualmente el aerogenerador:

$$\text{Dinero ahorrado} = 590W * \frac{1kW}{1000W} * \frac{0.32\text{euros}}{kWh} * \frac{24h}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 1653.88 \text{ euros}$$

Teniendo en cuenta que cada año los costes de mantenimiento son de 80 euros anuales, el dinero ahorrado considerando esos costes es de 1573,88 euros.

Por último, con el objetivo de conocer el tiempo que se tarda en recuperar la inversión inicial, se dividió el coste total del proyecto por el dinero ahorrado al año:

$$\text{Tiempo de recuperación de la inversión} = \frac{6191 \text{ euros}}{1573.88 \text{ euros/año}} = 3.933 \text{ años}$$

Anexo 5: Aproximación del análisis y la simulación de fluidos con el uso de Ansys

Con el objetivo de analizar el comportamiento del viento que fluye alrededor del aerogenerador se realizó un estudio Fluent Flow en Ansys. Como la versión de Ansys para estudiantes tiene algunas limitaciones, el análisis realizado tuvo que ser muy simplificado, por lo que sólo se estudió el rotor.

La geometría estudiada es la misma que la realizada en el caso estructural estático estudiado anteriormente. Los ángulos de las palas son de 60º y como se mencionó anteriormente se eliminaron la torre y la cola de la turbina porque no era posible mallar una estructura tan compleja en el estudio de Fluent Flow.

El primer estudio se realizó para una velocidad del viento de 10 m/s con la intención de analizar las velocidades del viento alrededor del rotor y las presiones creadas por el mismo. Como puede observarse en las figuras siguientes, la presión máxima se encuentra en el centro del rotor:

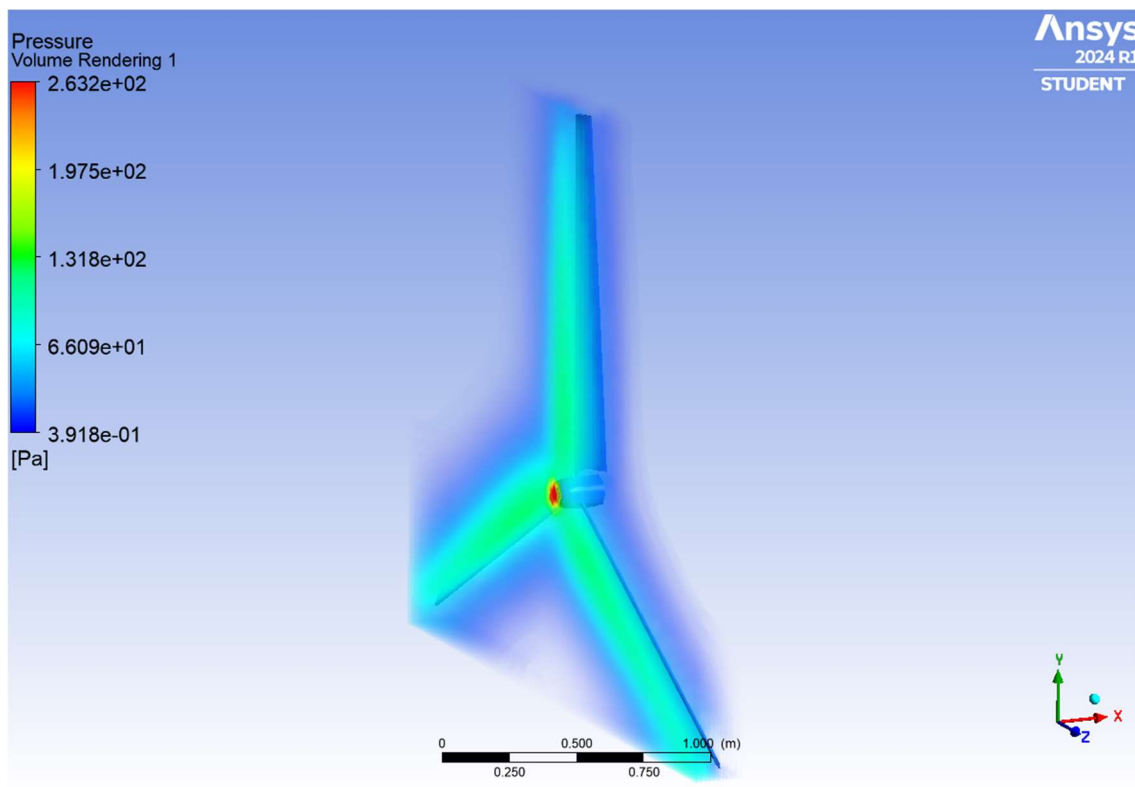


Fig. 33 Presión en el aerogenerador para una velocidad del viento de 10 m/s

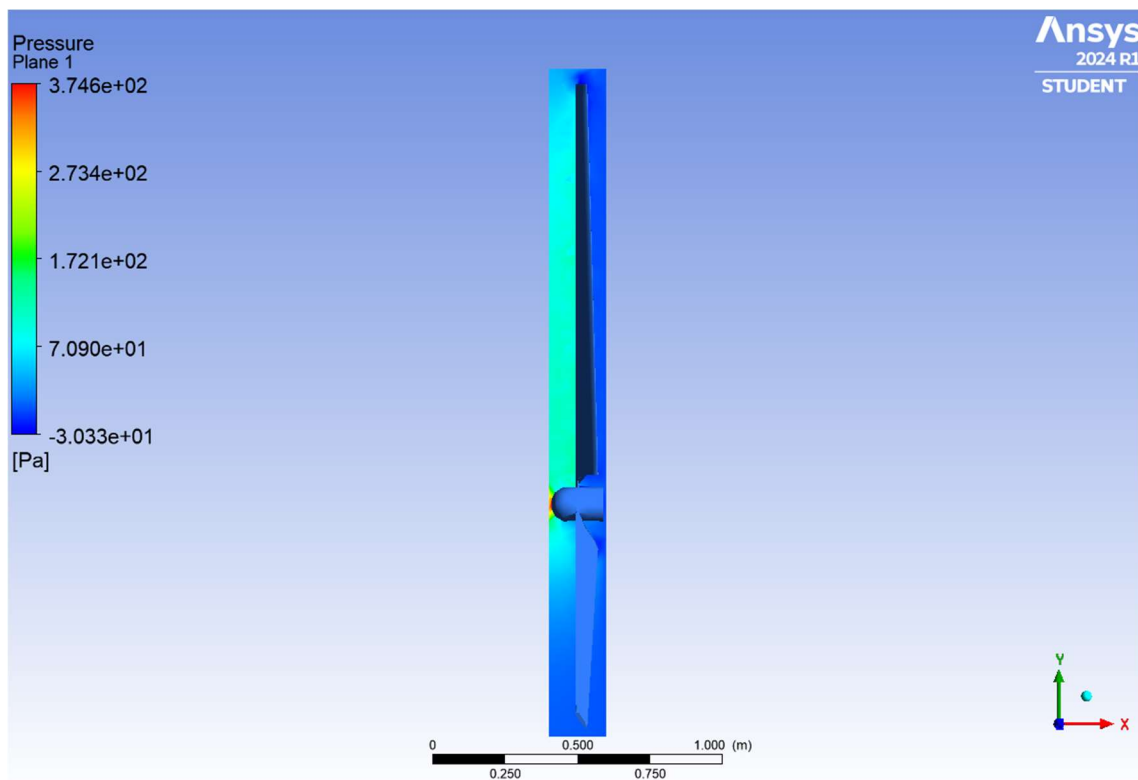


Fig. 34 Plano de presión en el aerogenerador para una velocidad del viento de 10 m/s

Como puede observarse, las presiones que debe soportar el rotor son relativamente bajas, con un máximo de 263 Pa.

También se estudió la velocidad del viento:

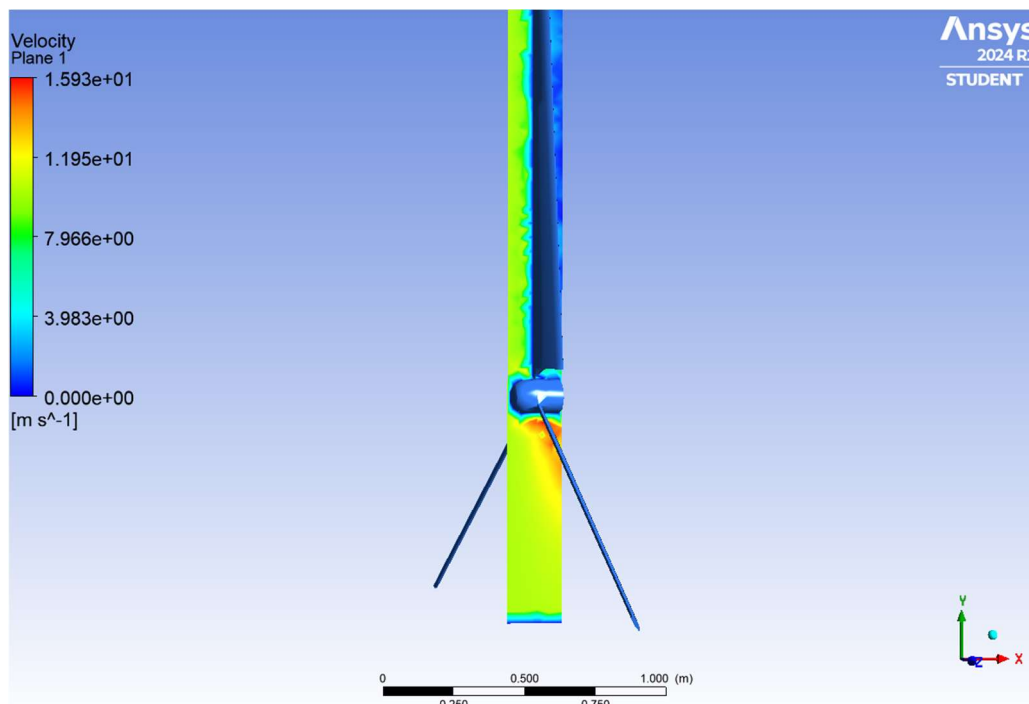


Fig. 35 Plano de velocidad en el aerogenerador para una velocidad del viento de 10 m/s

Como era de esperar, la velocidad máxima se encuentra en las zonas donde no hay palas, mientras que la velocidad mínima se encuentra después de que el viento haya atravesado las palas del rotor.

El estudio también se realizó para una velocidad de 5 m/s (más cercana a la velocidad del viento con la que funcionará el aerogenerador la mayor parte del tiempo):

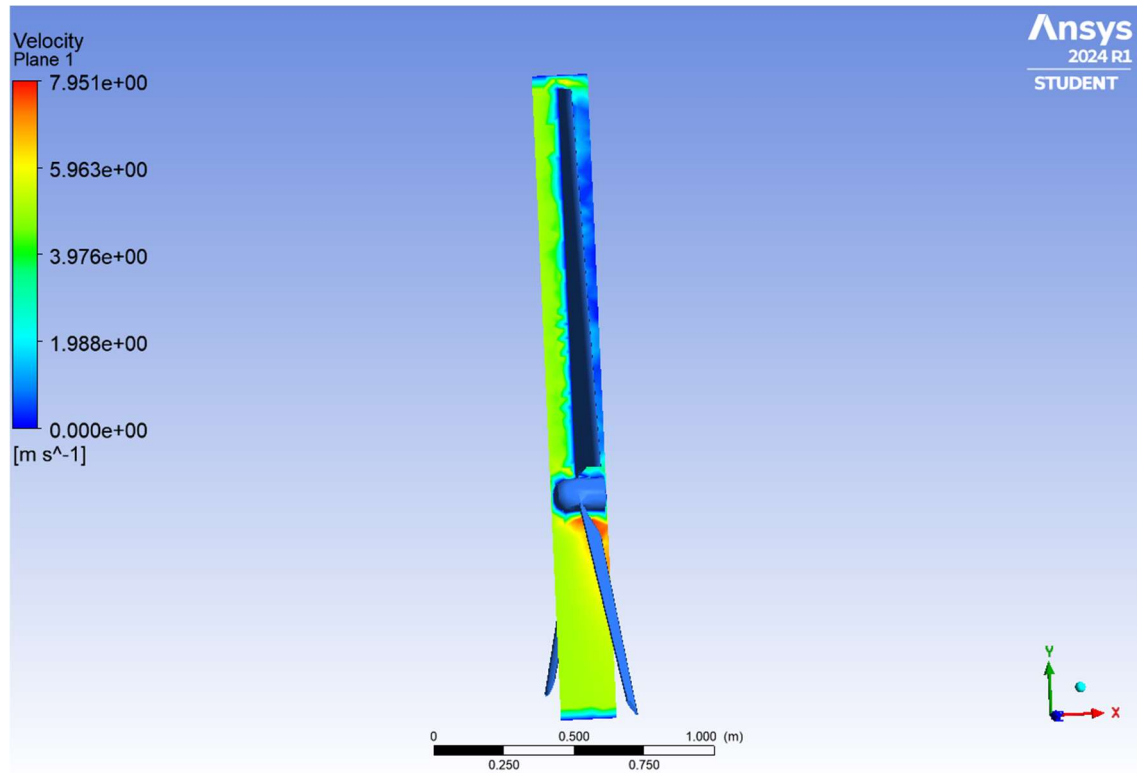


Fig. 36 Plano de velocidad en el aerogenerador para una velocidad del viento de 5 m/s

Como era de esperar, la distribución del viento alrededor del rotor permanece constante, aunque la velocidad del viento sea menor.

El mismo principio se aplica a la distribución de la presión:

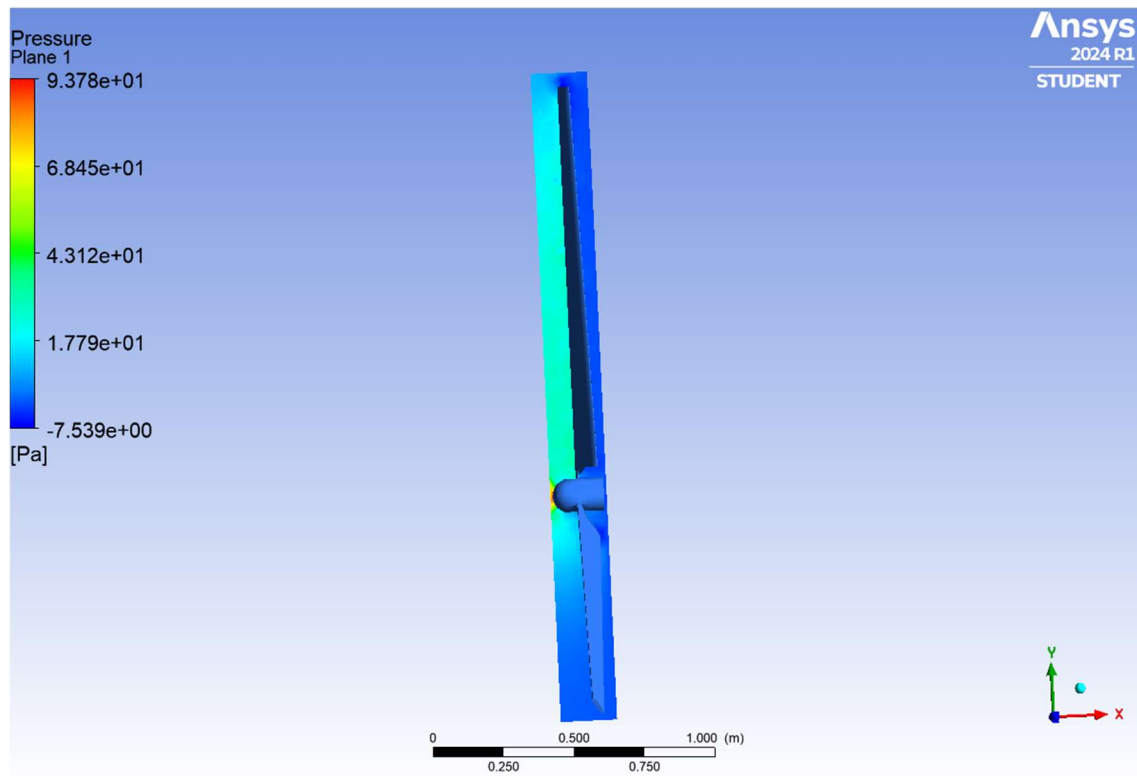
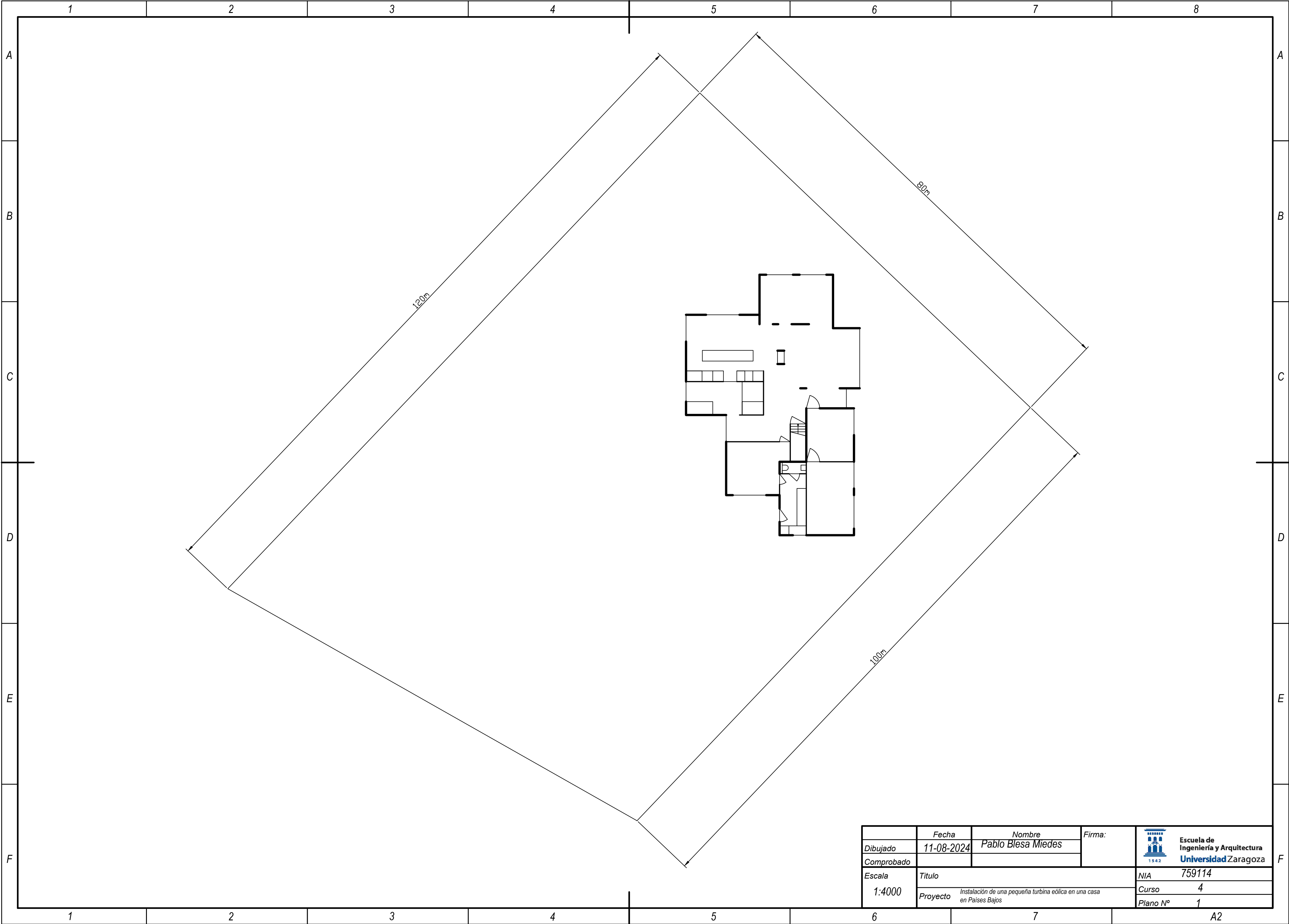
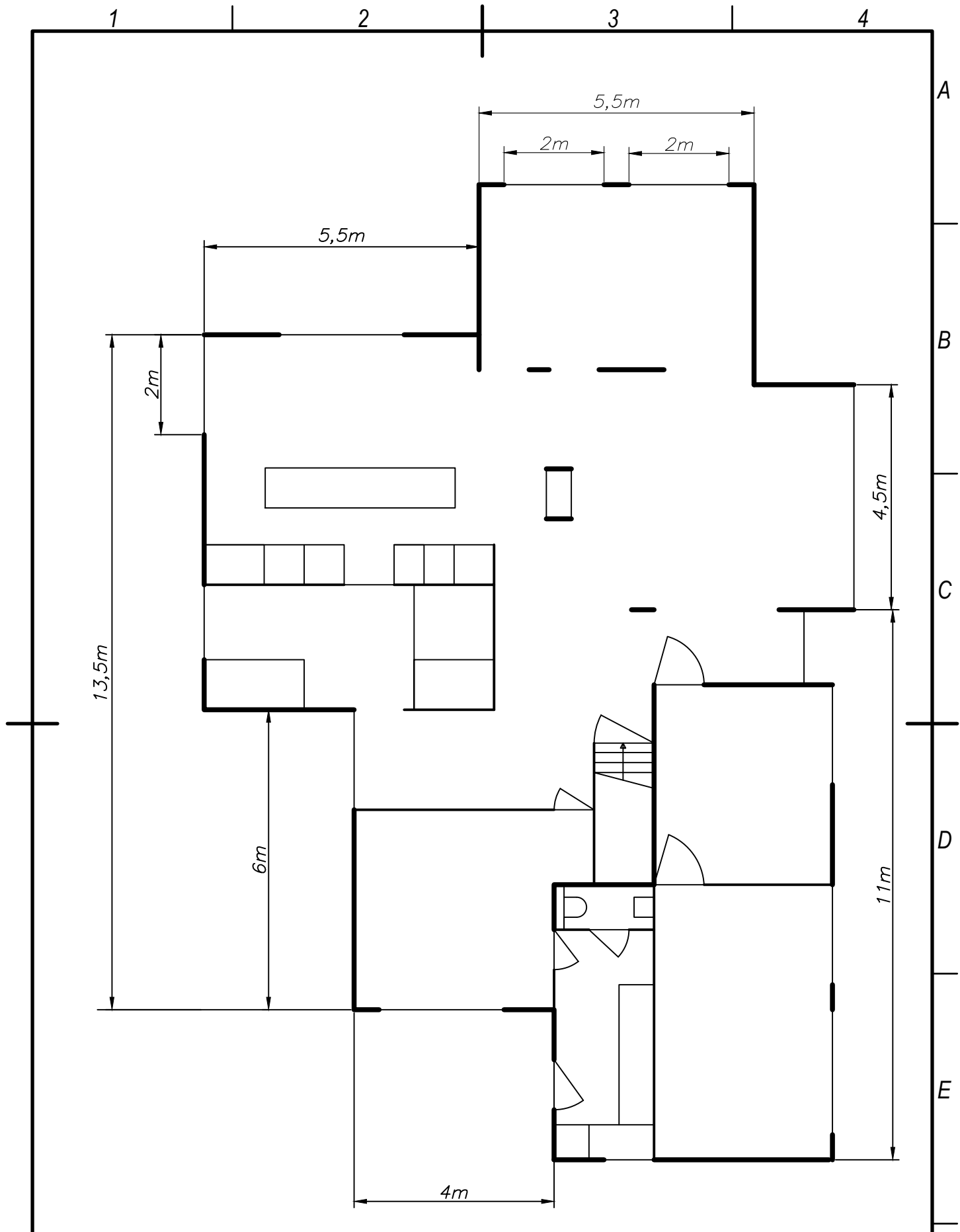


Fig. 37 Plano de presión en el aerogenerador para una velocidad del viento de 5 m/s

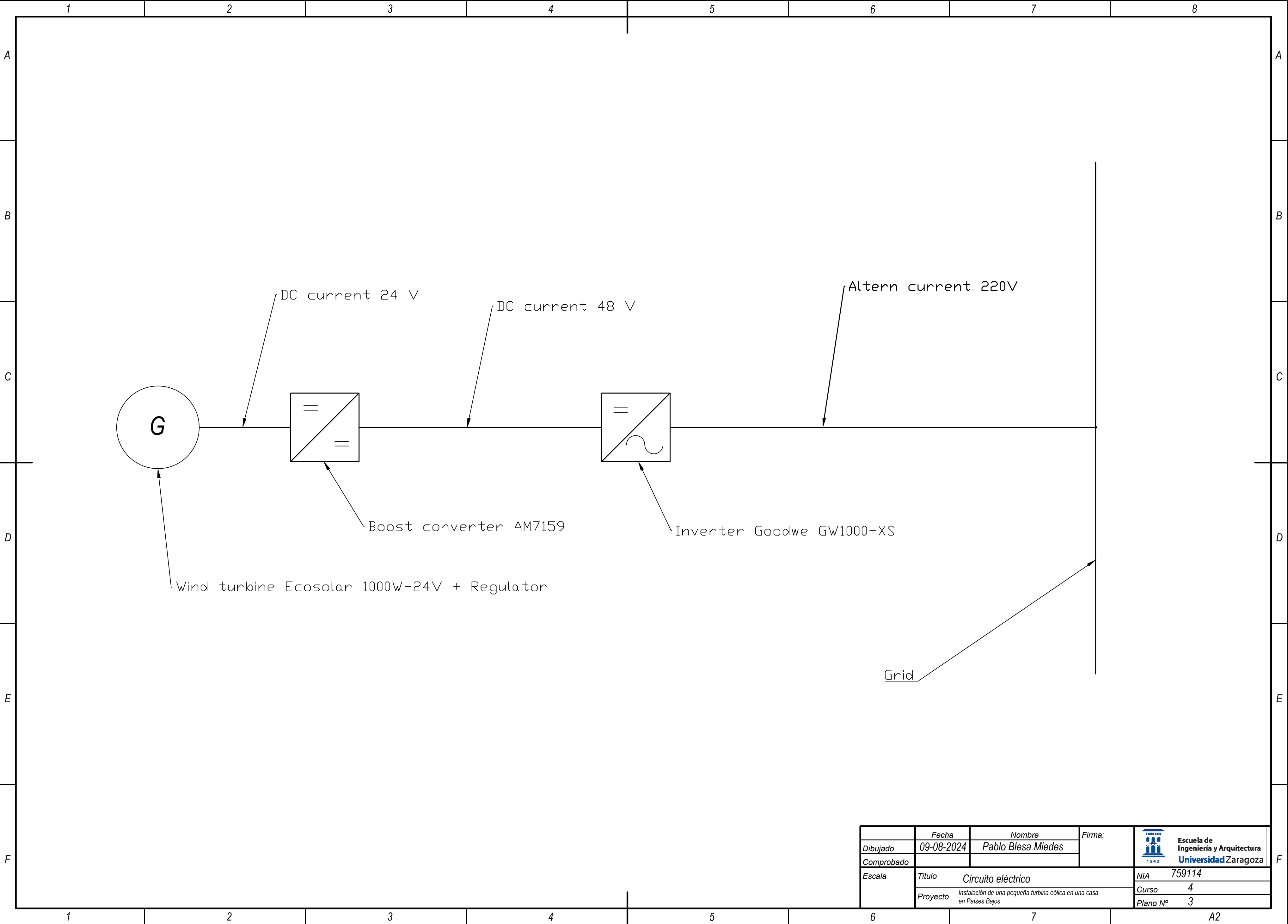
Anexo 6: Planos



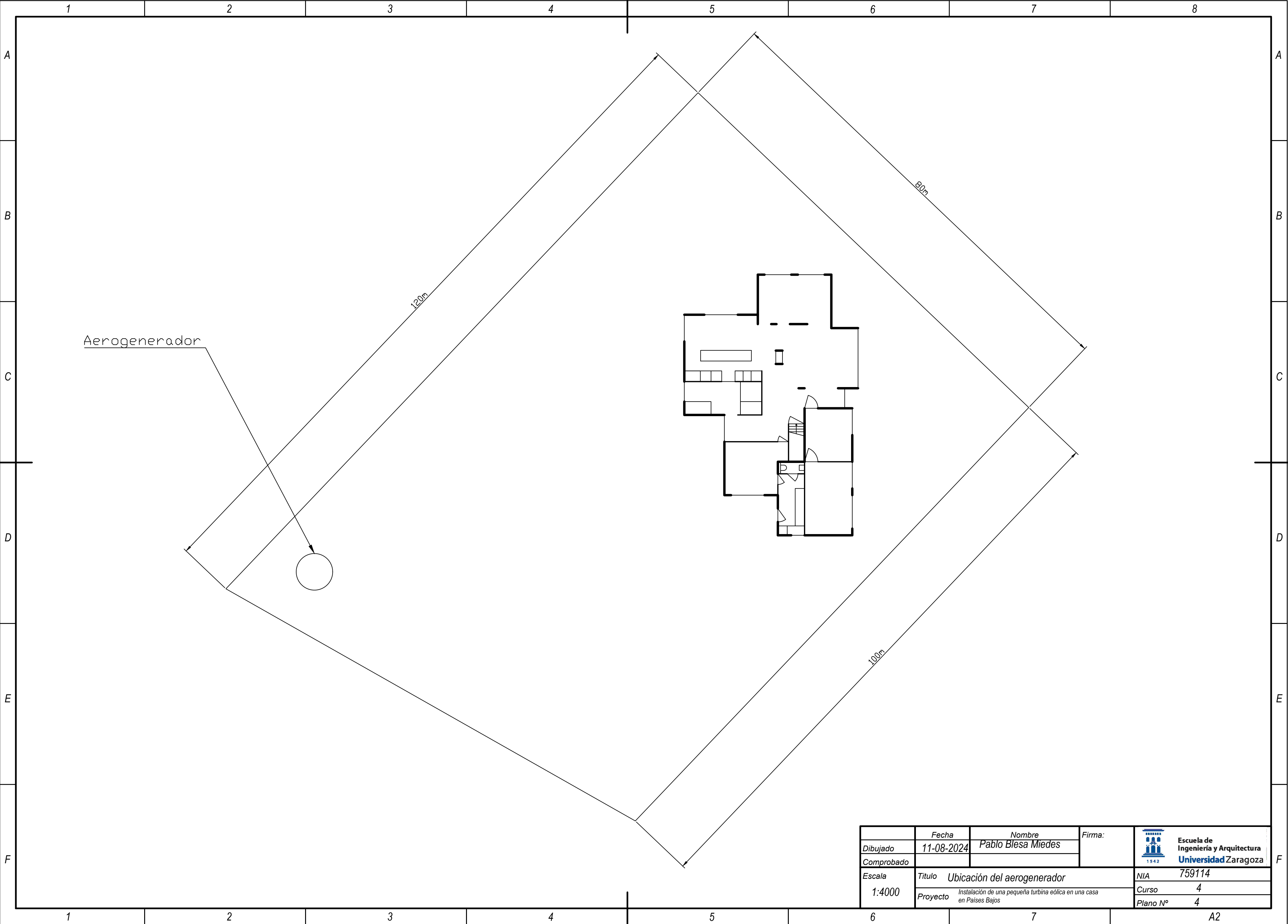
	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	11-08-2024	Pablo Blesa Miedes		
Comprobado				
Escala	Título			NIA 759114
1:4000	Proyecto			Curso 4
	Instalación de una pequeña turbina eólica en una casa en Países Bajos			Plano Nº 1



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza	F
Dibujado	03-08-2024	Pablo Blesa Miedes			
Comprobado					
Escala	Título Vista de la planta principal de la casa			NIA 759114	
1:100	Proyecto Instalación de una pequeña turbina eólica en una casa en Países Bajos			Curso 4	
				Plano Nº 2	



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	09-08-2024	Pablo Blesa Miedes		
Comprobado				
Escala	Titulo	Circuito eléctrico		NIA 759114
	Proyecto	Instalación de una pequeña turbina eólica en una casa en Países Bajos		Curso 4
				Plano N° 3



	Fecha	Nombre	Firma:	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Dibujado	11-08-2024	Pablo Blesa Miedes		
Comprobado				
Escala	Titulo Ubicación del aerogenerador			NIA 759114
1:4000	Proyecto Instalación de una pequeña turbina eólica en una casa en Países Bajos			Curso 4
				Plano N° 4

Conclusión

Como se ha demostrado en este proyecto, la instalación de una pequeña turbina eólica tiene pros y contras. Los mayores problemas que aparecen a la hora de instalar un mini aerogenerador en los Países Bajos son la legislación que restringe su instalación, la contaminación producida por los aerogeneradores (principalmente visual y acústica) y la velocidad del viento que atraviesa la turbina, ya que al estar ésta bastante cerca del suelo, las velocidades del viento que se encuentran allí son significativamente menores que las que se encuentran a mayor altitud y, además, son más turbulentas, lo que también repercute negativamente en la producción de energía.

Por otro lado, se ha visto que en los Países Bajos la velocidad del viento es constante y no varía mucho respecto a las distintas estaciones, lo que permite estimar la cantidad de potencia que podrá generar el aerogenerador, convirtiéndolo en una opción sostenible y ecológica para obtener energía. Además, el tiempo de amortización de todo el proyecto es pequeño, recuperando la inversión inicial en aproximadamente cuatro años. Teniendo en cuenta que el aerogenerador tiene un ciclo de vida de 20 años, se obtiene un beneficio total de 25287,52 euros. Hay que tener en cuenta, que el dinero obtenido por la instalación del aerogenerador es una estimación, la pérdida de eficiencia, la turbulencia de los vientos, y la posibilidad de velocidades medias de viento más bajas harán que el beneficio total obtenido por la instalación del aerogenerador sea menor de lo esperado. Aunque el beneficio total no será tan alto como se esperaba, los resultados obtenidos dan buenas razones para pensar que la instalación de una pequeña turbina eólica tiene un buen impacto tanto en la economía como en el medio ambiente.

Para finalizar, hay que decir que el análisis de la instalación del aerogenerador se ha realizado para una casa con un amplio jardín y sin obstáculos cercanos, por lo que los resultados de la instalación de un aerogenerador en el tejado de una casa o en una zona más poblada pueden diferir sustancialmente con los resultados obtenidos en este estudio.

Enlaces de la investigación sobre turbinas eólicas:

- https://www.ebay.es/itm/135036838933?chn=ps&var=434484892356&norover=1&mkevt=1&mkrid=1185-166800-721408-7&mkcid=2&itemid=434484892356_135036838933&targetid=2308550382662&device=c&mkttype=pla&googleloc=9049218&poi=&campaignid=20430538241&mkgrouppid=150763687086&rlsarget=pla-2308550382662&abclid=&merchantid=660573913&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1emzBhB8EiwAHwZZxRK7xFyTvyqsA1Ew3zUEReP421Dvq-AQYv8ov62_J3bLq8SGcYfAtRoClx8QAvD_BwE
- <https://www.damiasolar.com/img/cms/ft/da1979/Ficha%20t%C3%A9cnica%20aerogenerador%20Bornay%20Wind%2025-3%20Plus.pdf>
- https://www.vevor.es/turbina-de-viento-c_10731/vevor-kit-de-generador-de-turbina-eolica-800-w-12-v-3-palas-controlador-mppt-direccion-del-viento-ajustable-velocidad-de-arranque-del-viento-2-5-m-s-para-hogar-granja-vehiculos-recreativos-barcos-p_010289319230?adp=gmc&country=ES&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_id=21075169116&ad_group=160697624578&ad_id=692859256449&utm_term=&gad_source=1&gclid=CjwKCAjw1emzBhB8EiwAHwZZxdddOAv2IIY6zz8HEKVBgo1FoaciDjOra_FNjfUh-Z33hChMce2ZrRoC2voQAvD_BwE
- <https://www.windandsun.ie/product/800-wind-power-turbines/>
- <https://www.ebay.es/itm/235206321859?itmmeta=01J17FB6188GH728TGXXZDKYJ9&hash=item36c363a6c3:g:G1sAAOSwk3hkHBTb>
- <https://www.damiasolar.com/aerogeneradores/aerogenerador-ecosolar-aero-1000-24v-1000w.html>