

**Universidad ORT Uruguay**

**Facultad de Administración y  
Ciencias Sociales**

**Determinantes de inversión en energía solar  
fotovoltaica en Uruguay**

Entregado como requisito para la obtención del título  
Máster en Dirección Financiera  
Y  
Máster en Contabilidad y Finanzas

**Santiago Arroyo – 182850  
Leonel Möller – 210590  
Agustín Salles – 178482**

**Tutor: Dr. Nicolás Gambetta**

**2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Santiago Arroyo, Leonel Möller y Agustín Salles, declaramos que el trabajo que se presenta en esta obra es de nuestra propia mano. Podemos asegurar que:

- La obra fue producida en su totalidad mientras realizábamos el Máster en Dirección Financiera y el Máster en Contabilidad y Finanzas;
- Cuando hemos consultado el trabajo publicado por otros, lo hemos atribuido con claridad;
- Cuando hemos citado obras de otros, hemos indicado las fuentes. Con excepción de estas citas, la obra es enteramente nuestra;
- En la obra, hemos acusado recibo de las ayudas recibidas;
- Cuando la obra se basa en trabajo realizado conjuntamente con otros, hemos explicado claramente qué fue contribuido por otros, y qué fue contribuido por nosotros;
- Ninguna parte de este trabajo ha sido publicada previamente a su entrega, excepto donde se han realizado las aclaraciones correspondientes.



---

Santiago Arroyo



---

Leonel Möller



---

Agustín Salles

Montevideo, 16 de Julio de 2020.

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, queremos agradecer a nuestro tutor, Dr. Nicolás Gambetta, por su orientación, apoyo y dedicación, que fueron fundamentales para la preparación de la presente investigación.

En segundo lugar, a los entrevistados, que generosamente nos brindaron su tiempo para compartir con nosotros sus conocimientos y experiencias, sin los cuales esta investigación no hubiese sido posible.

Finalmente, a nuestras familias y amigos, que nos respaldaron desde el comienzo, entendiendo la demanda de tiempo y energía que implicaba la realización del presente trabajo.

## **RESUMEN**

La presente investigación es motivada por la creciente preocupación a nivel mundial por el cambio climático; y se centra específicamente en la sustitución del uso de fuentes no renovables para la obtención de energía, por fuentes renovables de menor impacto ambiental. Se pone foco en la energía solar fotovoltaica, y se pretende explicar los principales determinantes que motivan a la inversión en Uruguay en proyectos de este tipo de energía renovable por sobre otras opciones

La investigación comienza con una recopilación de información acerca del cambio climático, sus causas y consecuencias. Luego se estudian las respuestas que surgen debido a su impacto. Se pone foco en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, desarrollados por las Naciones Unidas, y se centra el estudio en el desarrollo de las fuentes de energía renovable.

Una vez entendidas las distintas formas que hay de obtener energía en forma sostenible, se investiga sobre la normativa en Uruguay y se busca contrastar con países desarrollados y países subdesarrollados. También se estudia cómo se han ido desarrollado las energías renovables y que factores en el mundo determinan su desarrollo.

Posteriormente, buscando demostrar las hipótesis planteadas, se realizan entrevistas a actores relevantes del mercado uruguayo y se llega a la conclusión que los principales determinantes que fomentan las inversiones en energía solar fotovoltaica en Uruguay son los beneficios fiscales otorgados y la reducción en los costos de los paneles solares gracias al avance tecnológico y la Ley de Promoción de Inversiones.

## **PALABRAS CLAVES**

Determinantes, inversión, fotovoltaica, Uruguay, ODS, agenda 2030.

## INDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	4
<b>1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	9
<b>1.1 Emisiones de gases efecto invernadero y el cambio climático</b> .....	9
<b>1.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible</b> .....	11
<b>1.3 Fuentes de energía</b> .....	16
1.3.1 Tipos de energía .....	23
1.3.1.1 Energías no renovables .....	23
1.3.1.1.1 Energía Nuclear .....	23
1.3.1.1.2 Petróleo: .....	24
1.3.1.1.3 Carbón: .....	25
1.3.1.1.4 Gas Natural:.....	26
1.3.1.2 Energías renovables .....	27
1.3.1.2.1 Energía Eólica: .....	28
1.3.1.2.2 Energía hidráulica: .....	30
1.3.1.2.3 Energía geotérmica:.....	32
1.3.1.2.4 Biomasa:.....	32
1.3.1.2.5 Energía solar: .....	33
1.3.2 Energías renovables en Uruguay .....	36
1.3.3 Beneficios fiscales y regímenes promocionales para la energía solar.....	40
<b>1.4 Regulación en energías renovables</b> .....	44
1.4.1 Experiencias en Europa: el caso de España. ....	44
1.4.2 Experiencias en Europa: el caso de Portugal. ....	49
1.4.3 Experiencias en América Latina: el caso de Argentina y Brasil.....	50
<b>1.5 Inversión en energías renovables</b> .....	53
1.5.1 Decisiones estratégicas para la inversión en energías renovables.....	59

1.5.2 El riesgo político en la valuación de las inversiones en energía renovable en países emergentes. ....	62
<b>2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>67</b>
<b>3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>68</b>
<b>3.1 Metodología.....</b>	<b>68</b>
<b>3.2 Fuente de datos .....</b>	<b>70</b>
<b>3.3 Estructura de las entrevistas .....</b>	<b>75</b>
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1 SES Latam .....</b>	<b>76</b>
<b>4.2 SEG Ingeniería .....</b>	<b>78</b>
<b>4.3 Aeropuerto Internacional de Carrasco (Puerta del Sur S.A.) .....</b>	<b>82</b>
<b>4.4 Ministerio de Industria Energía y Minería .....</b>	<b>84</b>
<b>5 CONCLUSIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>6 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>98</b>
<b>7 ANEXOS.....</b>	<b>103</b>
<b>7.1 Anexo 1: Entrevista SES Latam.....</b>	<b>103</b>
<b>7.2 Anexo 2: Entrevista SEG Ingeniería .....</b>	<b>105</b>
<b>7.3 Anexo 3: Entrevista Aeropuerto Internacional de Carrasco .....</b>	<b>107</b>
<b>7.4 Anexo 4: Entrevista Ministerio de Industria Energía y Minería .....</b>	<b>109</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – CONSUMO PRIMARIO DE ENERGÍA POR REGIÓN MUNDIAL.....	18
FIGURA 2 – CONSUMO PRIMARIO DE ENERGÍA POR FUENTE EN SUDAMÉRICA .....	19
FIGURA 3 - PARTICIPACIÓN DE LA ELECTRICIDAD DE FUENTES RENOVABLES EN 2014 .....	20
FIGURA 4 – COSTO DE ELECTRICIDAD NIVELADO .....	21
FIGURA 5 - PRECIO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA VS CAPACIDAD ACUMULADA (1976-2016).....	22
<i>FIGURA 6 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EÓLICA .....</i>	<i>29</i>
<i>FIGURA 7 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EÓLICA EN URUGUAY .....</i>	<i>29</i>
FIGURA 8 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA HIDRÁULICA .....	31
FIGURA 9 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA HIDRÁULICA EN URUGUAY .....	31
FIGURA 10 - PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS SEGÚN LOS TIPOS DE RESIDUOS .....	33
FIGURA 11 - MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA EN URUGUAY .....	37
FIGURA 12 - MAPA EÓLICO DEL URUGUAY .....	38
FIGURA 13 – MAPA SOLAR DEL URUGUAY.....	39
FIGURA 14 – EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTOR.....	40
FIGURA 15 - CRECIMIENTO DEL NIVEL DE INVERSIONES EN ENERGÍAS RENOVABLES 2004-2010.....	60
FIGURA 16 - MODELO DE DEFAULT SOBERANO .....	65
FIGURA 17 – PLAN DE ACCIÓN.....	71
FIGURA 18 – DIAGRAMA: VARIABLES Y FACTORES DETERMINANTES.....	72
FIGURA 19 - RESUMEN DE ENTREVISTAS REALIZADAS .....	75
FIGURA 20 – DETERMINANTES DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA .....	90
FIGURA 21 DIAGRAMA: VARIABLES Y FACTORES DETERMINANTES EN URUGUAY ....	94

# **1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

## **1.1 Emisiones de gases efecto invernadero y el cambio climático**

El cambio climático se explica por el conjunto de alteraciones ambientales ocasionadas por la actividad humana en el planeta. Refiere a variaciones en el sistema climático que perduran durante períodos de tiempo suficientemente largos (por lo menos décadas), alterando valores meteorológicos medios, su variabilidad y, en particular, los extremos, de acuerdo con el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática (2019)

De acuerdo con la quinta evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC (2018), el calentamiento del sistema climático es inequívoco, evidenciándose en el aumento de la temperatura atmosférica y de los océanos. Las emisiones antropogénicas de gases de efecto invernadero (GEI) han aumentado desde la era preindustrial, principalmente impulsadas por el crecimiento económico y demográfico.

Las proyecciones del citado informe muestran un aumento de las temperaturas a lo largo del siglo XXI. Señalan altas probabilidades de aumento en la frecuencia y duración de las olas de calor, aumento de los eventos extremos de precipitaciones y de mayor intensidad, también proyectan que los océanos se continuarán calentando y acidificando, y el nivel medio del mar continuará aumentando.

Según José Luis Useros Fernández (2012) el incremento de la temperatura global generada por los GEI es responsable del aumento del nivel del mar, la disminución de las capas de nieve y los cambios de los patrones climáticos. Todos los efectos causados por el cambio climático afectarán los sistemas naturales vinculados al hielo, a los sistemas hidrológicos y la calidad de las aguas, a los sistemas de agua dulce y a la productividad agrícola y forestal. Estos cambios afectan a todos los países; producen un impacto negativo en la economía y en la vida de las personas.

Los modelos climáticos según IPCC (2018) proyectan grandes diferencias entre el clima regional en la actualidad y el clima bajo el impacto de un

calentamiento global de entre 1,5°C y 2°C. Estas diferencias implican: un incremento de la temperatura media tanto en continentes como en las regiones oceánicas, densas precipitaciones en varias regiones y probabilidad de sequías por falta de lluvias en otras.

Días de extremo calor en latitudes medias tienden a aumentar en alrededor de 3°C con un calentamiento global de 1,5°C y 4°C con un calentamiento global de 2°C. Se proyectan más días de altas temperaturas en la mayoría de las regiones, con mayores incrementos en los trópicos.

Para 2100, se espera un crecimiento del nivel del mar menor a 0,1m si el calentamiento global no supera los 1,5°C. Esto implica menos exposición a inundaciones para hasta 10 millones de personas. El aumento en la temperatura trae como consecuencia entonces el riesgo de desaparición de pequeñas islas, de zonas costeras llanas y deltas, poniendo en riesgo a las poblaciones y el sistema ecológico.

Sumado al riesgo de crecimiento del nivel del mar, en tierra el calentamiento global por encima de 1,5°C tiene también severos impactos sobre la biodiversidad y los ecosistemas. Poblaciones de insectos, plantas y vertebrados corren mayor riesgo de perder las condiciones básicas para su subsistencia, además del mayor riesgo a incendios forestales y el esparcimiento de especies invasivas que amenazan a la biodiversidad y los ecosistemas.

Por último, el riesgo a la salud, las poblaciones, la cadena alimenticia, suministro de agua y el crecimiento económico relacionado a factores climáticos tiende a crecer si no se controla el calentamiento global y excede el umbral de 1,5°C.

Las poblaciones más expuestas a estos impactos climáticos son las poblaciones más vulnerables, principalmente poblaciones indígenas y poblaciones dependientes de la agricultura o poblaciones costeras. Controlando el calentamiento global, se espera también reducir el número de personas expuestas a riesgos climáticos y susceptibles a la pobreza debido a su actividad económica en unos cientos de millones para 2050.

Limitando el incremento del calentamiento global en 1,5°C, se pretende también evitar la disminución del rendimiento en las cosechas de maíz, arroz, trigo y otros cereales importantes. El ganado se proyecta se vea afectado también debido al aumento de las temperaturas, teniendo impacto en la calidad de su alimento, aumento de pestes y disponibilidad de fuentes de agua.

América Latina y el Caribe es una región particularmente vulnerable a las amenazas del cambio climático. Principalmente por la riqueza en la biodiversidad y por los endemismos que alberga. Esta región es marcadamente vulnerable al cambio climático debido a las características geográficas y topográficas, según la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2008). Se prevé un incremento significativo de temperatura en la región de Amazonas y en el Caribe un cambio drástico en el patrón de precipitaciones. Esta situación plantea un desafío relevante ya que la región no tiene experiencia en la gestión de recursos naturales. Tampoco tiene instituciones fuertes lo que puede dificultar aún más la toma de decisiones.

## **1.2 Objetivos de Desarrollo Sostenible**

En el 2000 se aprobó la Declaración del Milenio, una alianza mundial que establecía una serie de objetivos con metas e indicadores, conocidos como los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM). Los ODM estaban compuestos por 8 objetivos, 18 metas y 48 indicadores, pero sin un énfasis claro en la sostenibilidad que alcanzó su vencimiento en 2015. En 2012, en la Conferencia sobre Desarrollo Sostenible, se creó un grupo de trabajo para desarrollar un conjunto de Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de acuerdo con el Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática (2019)

Según el Informe las Naciones Unidas (2017), cuando se adoptó la agenda 2030 los líderes del mundo definieron el plan maestro para conseguir un futuro sostenible para toda la sociedad. La agenda es ambiciosa y transformativa, con un conjunto de 17 objetivos integrados e indivisibles que se interrelacionan entre sí e incorporan los desafíos globales a los que la población se enfrenta

día a día como la pobreza, desigualdad, el clima, la degradación ambiental, la prosperidad y la justicia, según el Informe de las Naciones Unidas (2017)

Dentro de los 17 objetivos hay dos vinculados directamente con la energía y el cambio climático. El ODS 7 busca garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos. Según Informe de la CEPAL (2019) la energía es imprescindible para la mayoría de los desafíos y oportunidades que enfrenta la sociedad actualmente. El acceso universal a la energía es esencial para el desarrollo sostenible. Es necesario apoyar nuevas iniciativas económicas y laborales que aseguren el acceso universal a los servicios de energía moderna, mejoren el rendimiento energético y aumenten el uso de energías renovables para crear comunidades más sostenibles, inclusivas y resilientes ante los desafíos que plantea el cambio climático.

De aquí a 2030, el objetivo 7 busca garantizar el acceso universal a los servicios energéticos; aumentar considerablemente la proporción de energías renovables en el conjunto de fuentes energéticas; y duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética.

En el 2017, según IEA et al., (2019), la tasa global de acceso a la electricidad alcanzó el 89%, un dato alentador si se tiene en cuenta que este guarismo era del 83% al 2010. Esto implica que cerca de 840 millones de personas aún no tienen acceso a la red eléctrica. Es importante mencionar que desde el 2015 a la fecha se observa un gran avance en la consecución de este objetivo. De cualquier forma, según las proyecciones del informe antes mencionado, con las actuales políticas no se cumpliría el objetivo para el 2030 y habría 650 millones de personas sin acceso a la electricidad. El mayor desafío se observa en las zonas más aisladas del mundo y en la región de África subsahariana. Se requerirá de soluciones creativas como el alumbrado a partir de energía solar, o sistemas solares domésticos para alcanzar esta meta.

La alerta climática generada por la comunidad científica ha planteado la necesidad de descarbonizar el sistema energético, este será uno de los grandes desafíos en el escenario político del siglo XXI.

De acuerdo con la Agenda 2030 la energía es el factor que contribuye principalmente al cambio climático y representa alrededor del 60% de todas las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero. Se debe mencionar el ODS 13, que consiste en adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

Según las cifras mencionadas por IEA et al., (2019), las energías renovables representaron el 17.5% del consumo total de energía a nivel mundial en 2016 (en comparación con el 16.6% del 2010). La utilización de renovables ha aumentado considerablemente en la generación de electricidad. De acuerdo con las proyecciones del informe, para el 2030 se espera que alcancen el 36%. No se observa el mismo desempeño en la energía utilizada para la calefacción y el transporte. Para cumplir con el objetivo de que la energía sea asequible, segura y sostenible, el uso de energía renovable debe aumentar rápidamente.

De acuerdo con la base de datos de ODS que mide la evolución de todos los objetivos a través de distintos índices, en 2019, de los 193 países de los que se tiene registro, solamente 27 lograron un buen desempeño en el objetivo 7. Es importante mencionar que de estos países 8 pertenecen a la región de América Latina y el Caribe.

Para medir la evolución del índice del ODS 7 se tienen en cuenta 4 variables: Porcentaje de la población con acceso a electricidad; porcentaje de la población con acceso a combustibles limpios para cocinar; proporción de emisiones de gases de efecto invernadero según consumo de energía eléctrica; y por último, el peso de las energías renovables en la matriz energética.

Particularmente en Uruguay se observa una evolución positiva en las variables que componen el índice. El 99.7% de la población tiene acceso a la electricidad y el 98.4% accede a tecnologías y combustibles limpios. Por otro parte el 97% de la matriz energética está compuesta de fuentes renovables, según el Informe de Presidencia de la República Oriental del Uruguay (2018)

Dentro de los logros mencionados en el informe se observa un incremento en la participación de fuentes renovables en el consumo final energético. En el

2006 representaban un 31.6% de la matriz y 10 años después asciende a 59.9%. Otro dato relevante es la energía evitada a través de medidas de eficiencia energética, en el 2016 fue de 62.3 ktep lo que representa un 1.3% de la demanda nacional.

Los desafíos que se observan, para garantizar el acceso a energía asequible, segura y sostenible, según el Informe de Presidencia de la República Oriental del Uruguay (2018), son:

1. Avanzar en el acceso regular y seguro a la energía eléctrica en los hogares más vulnerables, principalmente en el interior profundo. Por otro parte eliminar las conexiones irregulares en las zonas urbanas y los riesgos que las mismas suponen;
2. Extender la utilización de energía eléctrica en el transporte de pasajeros;
3. Ampliar la red de transmisión eléctrica y evitar la concentración en la generación de energía; y
4. Lograr una reducción del 5% del consumo total a través de la eficiencia energética, meta planteada para el 2024 según el Plan Nacional de Eficiencia Energética.

Los desafíos antes planteados contribuyen al ODS 8. El Informe de las Naciones Unidas (2017) plantea que este consiste en promover el pleno empleo productivo y decente para todos. Al mismo tiempo debe permitir que las generaciones futuras se beneficien del crecimiento actual, por lo tanto, debe ser coherente con el medio ambiente y no realizar un uso insostenible de los recursos. Es importante mencionar que las importantes inversiones requeridas en el sector de energías renovables para cumplir con los objetivos antes planteados generarán oportunidades laborales para amplios sectores de la sociedad.

Por otra parte, según el mismo informe, el ODS 9 está relacionado con los GEI. Este objetivo propone “*Construir infraestructura resiliente, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación*”, hace clara mención a la urgente necesidad de instalar procesos industriales más limpios,

que utilicen una cantidad menor de recursos naturales, contaminen menos y reduzcan la emisión de gases de efecto invernadero.

Por último, el ODS 12 plantea bajar a la mitad el desperdicio de alimentos per cápita mundial en la venta al por menor y a nivel de los consumidores, y reducir las pérdidas de alimentos en las cadenas de producción y suministro. Este objetivo es relevante por dos motivos. Primero es evidente que debe lograrse una mayor eficiencia en un planeta donde una parte de la sociedad tiene dificultades para alcanzar un nivel de vida mínimo, medido en término de consumo de calorías; el segundo motivo de este objetivo está vinculado al cambio climático. Según estimaciones de la Organización de las Naciones Unidas (2015), si el desperdicio de alimentos fuera un país, sería el tercer principal emisor de gases de efecto invernadero, después de Estados Unidos y China.

Es importante destacar que en el año 2016 casi 3 billones de personas no tenían acceso a una fuente de energía limpia para cocinar, según IEA et al., (2019). Esto afecta negativamente la salud de las personas, contribuye a la emisión de GEI y la deforestación. Con las políticas actuales, la proyección para 2030 reflejan que 2.2 billones de personas seguirá sin soluciones no contaminantes para cocinar.

Los ODS están profundamente vinculados. Será muy difícil cumplir con los ODS si se deja que la temperatura del planeta suba más allá del límite de los 2 grados Celsius. El cambio climático es un reto global que no respeta fronteras. Es un problema de magnitud global que requiere de coordinación internacional. En busca de esta cooperación los países adoptaron el acuerdo de París. En él todos los países acordaron trabajar para limitar el aumento de la temperatura global en 2 grados centígrados.

La situación actual es desalentadora. En conjunto los países no consiguieron disminuir el aumento de emisiones mundiales de GEI, lo que lleva a exigir reducciones más drásticas y con mayor urgencia. Con la tendencia actual es muy difícil llegar a las cero emisiones netas antes del 2050. La neutralidad climática consiste en restablecer el equilibrio del planeta con respecto a la

emisión y absorción de gases. Para esto es necesario aumentar el uso de energías renovables y restaurar ecosistemas saludables que puedan absorber las emisiones de GEI.

Durante la última década, según PNUMA (2019), las emisiones de gases de efecto invernadero aumentaron a un ritmo del 1.5% anual y solo se mantuvieron estables brevemente entre 2014 y 2016. Las emisiones totales del 2018 alcanzaron una cifra de 55.3 GtCO<sub>2</sub>e, el mayor registro histórico. En este mismo periodo, el reporte señala que las emisiones de combustibles fósiles destinados al consumo de energía y procesos industriales, que constituyen la mayor parte de las emisiones totales, aumentaron un 2% y alcanzaron los 37.5 GtCO<sub>2</sub>e, otro máximo histórico.

No hay elementos que indiquen que las emisiones vayan a alcanzar su máximo en los próximos años. Según *Climate Transparency* (2017), los países del G20 representan el 80% del PBI mundial, y más del 75% de las emisiones de Gases de efecto invernadero, por lo tanto, sus acciones en materia climática son claves.

Un dato que permite mayor optimismo al respecto es el avance de la tecnología y la reducción de costos de la energía renovable. Se está observando una reducción más rápido de lo que se predijo hace unos años atrás.

Actualmente, según PNUMA (2019), las energías renovables son la fuente de nueva producción de electricidad más barata en casi todo el mundo. Se estima que para 2020 los precios medios ponderados de compra de nuevos sistemas de energía solar fotovoltaica y turbinas eólicas en tierra a escala comercial compitan con los gastos marginales de funcionamiento de las centrales de carbón. Esto se observa en la reducción de la construcción de nuevas centrales de carbón.

### **1.3 Fuentes de energía**

La energía es un elemento sumamente importante en casi todas las actividades del ser humano. En el hogar, en la industria, en los medios de

transporte, en el trabajo, en todos los ámbitos se requiere energía para funcionar.

Según Del Sol, N., & Cabrera Fernández, E. (2008), con el descubrimiento del fuego se comenzaron a controlar procesos que hasta ese momento dependían exclusivamente de la naturaleza. Más adelante, se utilizó el viento como fuente de energía para mover los barcos a vela, posteriormente, también se utilizó la energía eólica con la invención de la rueda hidráulica y los molinos de viento.

El aumento de la población, la industrialización y el desarrollo del transporte determinaron el surgimiento de necesidades energéticas significativamente mayores. Por estos motivos, es que desde 1859, año en que se perfora el primer pozo de petróleo en Estados Unidos de América, la utilización de esta fuente de energía fósil ha aumentado significativamente, según Oviedo-Salazar, J. L., Badii, M. H., Guillen, A., & Serrato, O. L. (2015).

De acuerdo con Strantzali, E., & Aravossis K. (2015), el sistema energético ha sido centro de discusión por los últimos 40 años. Pero hasta hace algunos años se centraba en las crisis de energía, y eran situaciones cuya solución era principalmente un asunto económico y de disponibilidad tecnológica. En los últimos años, se han agregado seguridad energética y cambio climático, como temas adicionales para tener en cuenta. El artículo hace referencia a que cada vez participan una mayor cantidad de actores en las decisiones de política energética, dado que se tienen que considerar muchos más aspectos que décadas atrás, y que la tendencia de estas políticas se encuentra cada vez más enfocadas a las energías renovables.

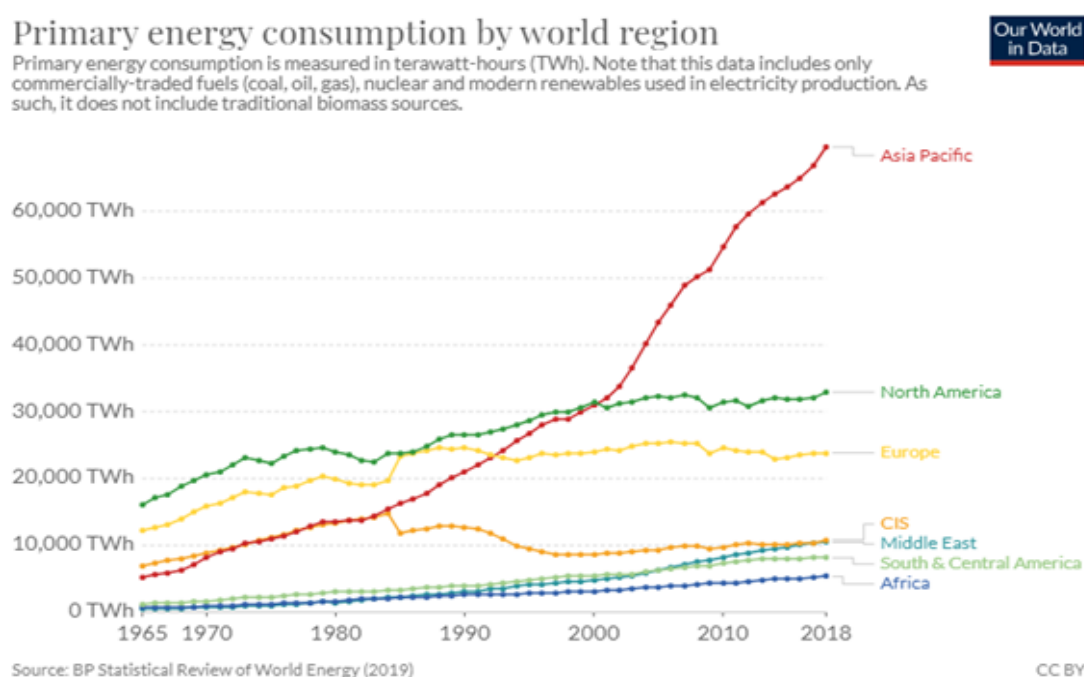
Si bien, la utilización del petróleo ha sido beneficiosa para el desarrollo económico, también tiene asociadas algunas consecuencias no deseables. Por un lado, no es una fuente de energía renovable, y por otro lado, las mayores reservas se encuentran en países del medio oriente que permanentemente sufren inestabilidades políticas y generan incertidumbre en el panorama internacional. Adicionalmente, existe una creciente atención a nivel mundial a los efectos que la utilización de los recursos fósiles ocasiona en el medio ambiente y en la salud humana, ya que la utilización de energía

fósil genera dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), que es el principal gas generador del efecto invernadero de acuerdo con el informe de Del Sol, N., & Cabrera Fernández, E. (2008).

La Figura 1 muestra que el consumo de energía a nivel mundial se ha incrementado en todas las regiones, pero principalmente ha tenido un incremento sumamente importante en la región de Asia del Pacífico. Hasta los años 90, el principal consumidor de energía era Norteamérica, pero a partir del año 2000 fue ampliamente superada por Asia del Pacífico.

Si bien en términos absolutos el consumo de Centroamérica y Sudamérica es significativamente menor a las principales áreas de consumo, se puede advertir que entre los años 60s y el 2018 el consumo en esta región se incrementó en casi 600%, según *Global Change Data Lab*, (2016)

FIGURA 1 – CONSUMO PRIMARIO DE ENERGÍA POR REGIÓN MUNDIAL

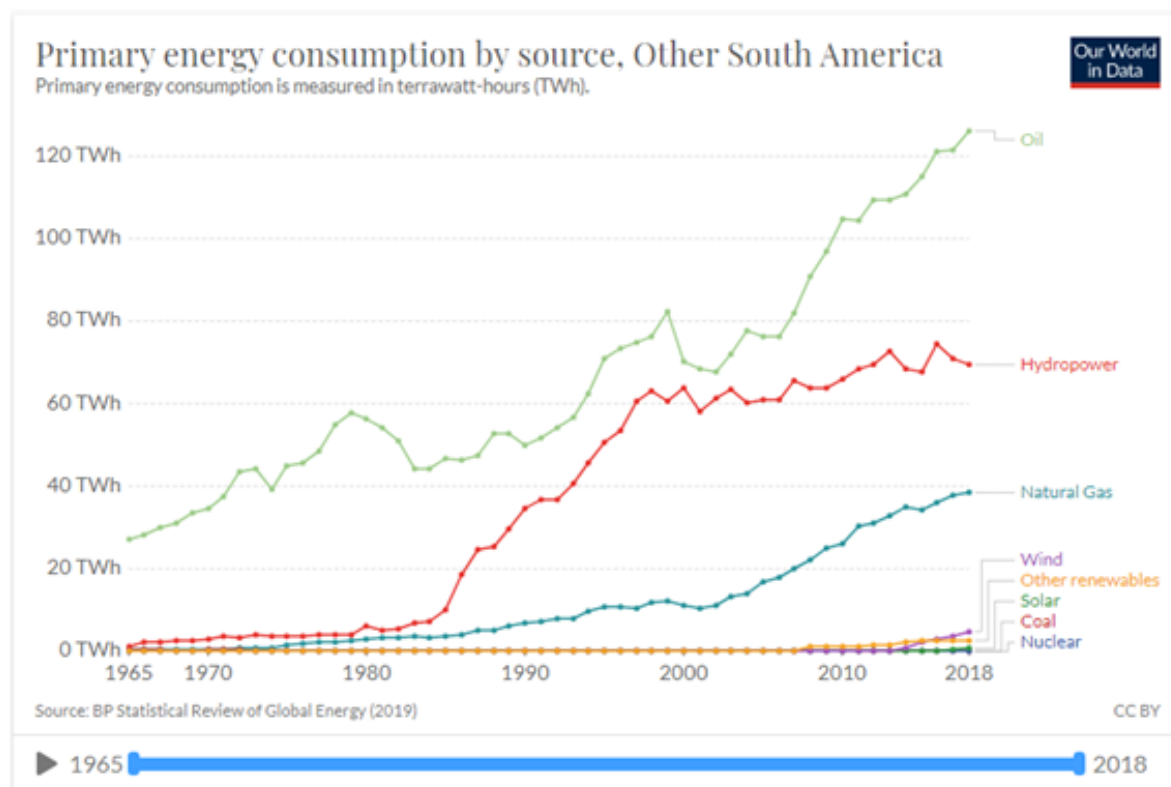


En la Figura 2 se puede observar el incremento en el consumo de energía a nivel mundial agrupado por fuente de generación, entre 1965 y 2018.

En primera instancia, se puede apreciar que el petróleo, el consumo de energía hidroeléctrica y el gas natural son considerablemente superior al resto de las

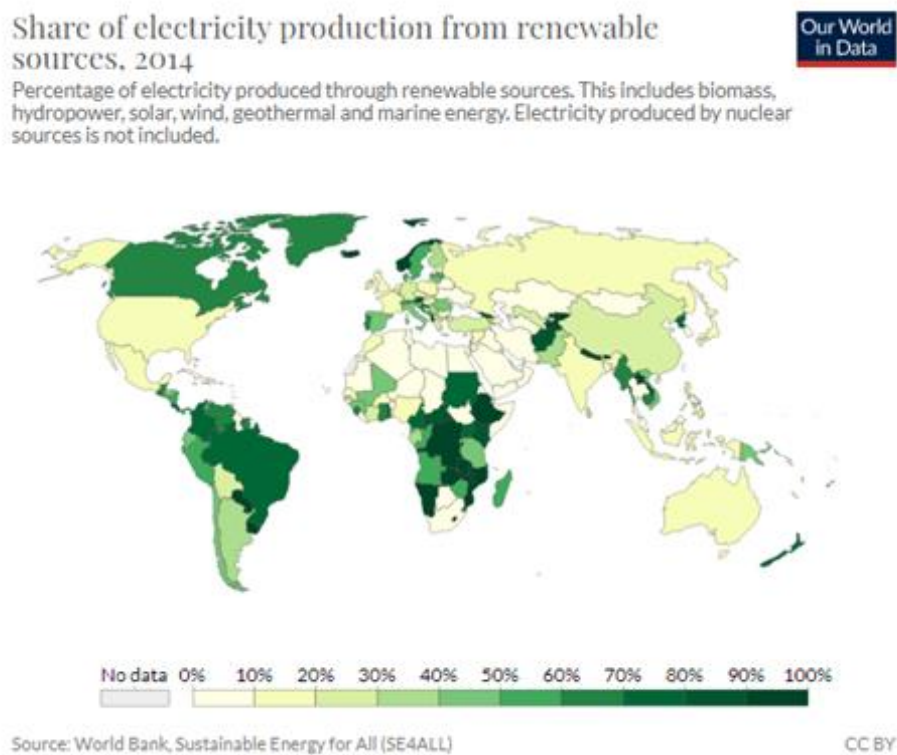
energías. Sin embargo, se aprecia que desde 2010 aproximadamente, ha aumentado el consumo de energía generada mediante fuentes renovables.

FIGURA 2 – CONSUMO PRIMARIO DE ENERGÍA POR FUENTE EN SUDAMÉRICA



Considerando la información de la Figura 3, se puede apreciar, al momento de analizar los porcentajes de producción de energía eléctrica mediante fuentes de energía renovables (biomasa, hidro energía, solar, eólica, geotérmica etc.), que Uruguay en 2014 figura con un porcentaje muy alto que prácticamente se mantiene incambiado desde 1990.

FIGURA 3 - PARTICIPACIÓN DE LA ELECTRICIDAD DE FUENTES RENOVABLES EN 2014



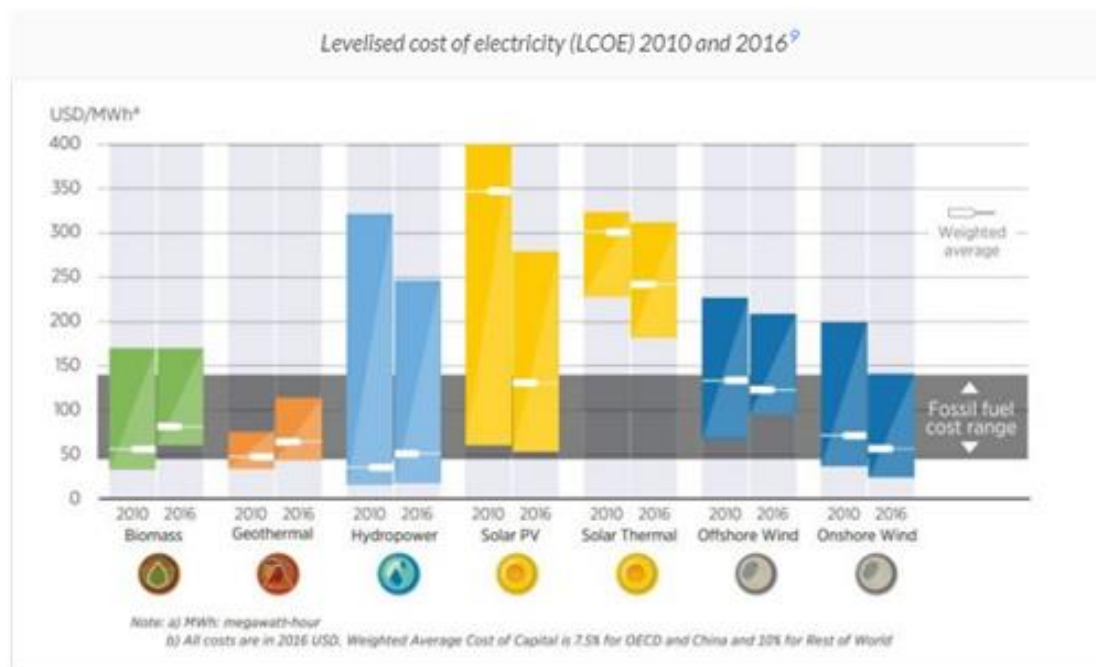
Más allá de la reducción del impacto climático que implica la utilización de fuentes de energías renovables, es de gran importancia el costo que la utilización de estas fuentes de energía implica para los inversores. Esto se puede analizar mediante el cálculo del costo de generación de cada megavatio.

En la Figura 4 se puede observar la evolución del costo en dólares que implica la generación de un megavatio, desglosado por fuente de energía. Esto se hace mediante el “costo nivelado de electricidad”, que surge de dividir los costos en dólares que la generación de energía requiere (costos fijos y costos variables), sobre el total de la energía generada. Por ejemplo, si bien la energía solar fotovoltaica requiere mayores costos fijos que el petróleo, implica menores costos variables.

Previo al análisis de este gráfico, es importante tener en cuenta que el costo de generación de energía puede variar en las diferentes regiones. Por ejemplo, la generación de energía eléctrica mediante energía solar fotovoltaica va a ser

más costosa en aquellos países que tienen un clima más frío, y menos costosa en aquello con un clima más cálido.

FIGURA 4 – COSTO DE ELECTRICIDAD NIVELADO



Fuente: *Global Change Data Lab* (2016)

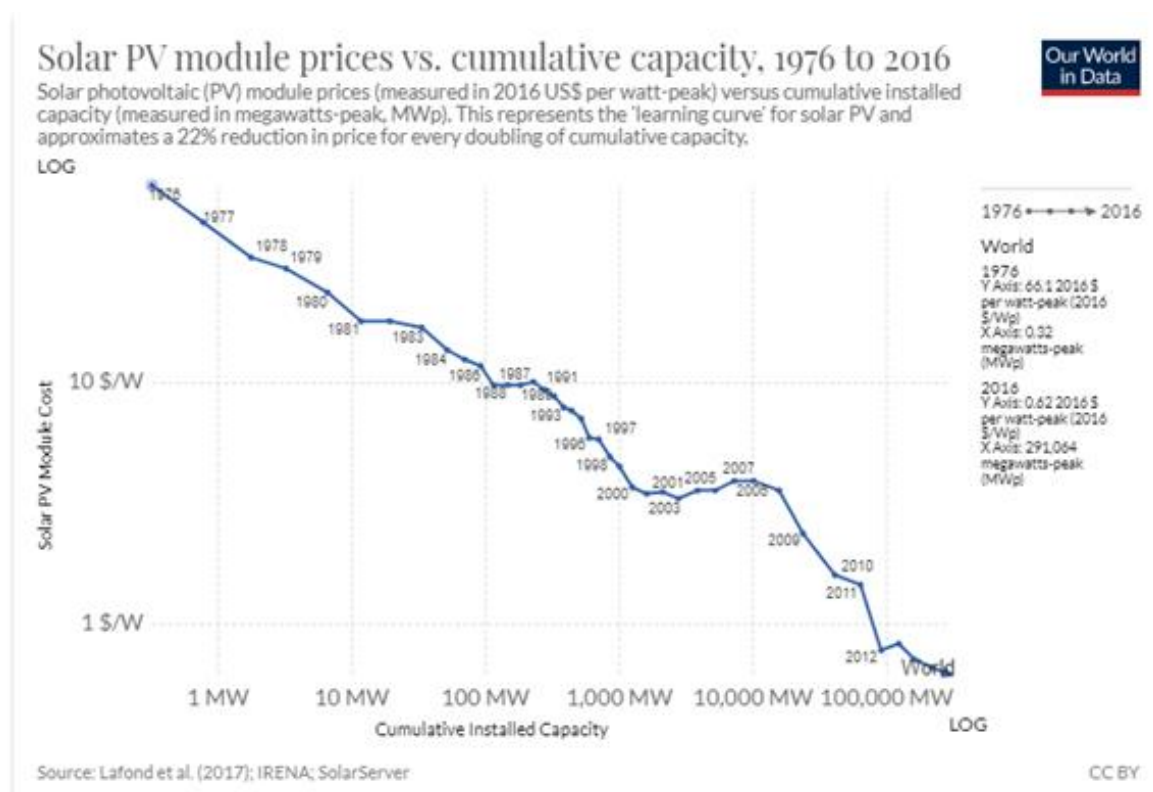
Dicho esto, en primer lugar, se aprecia una disminución en el costo de producción del kilovatio de la energía solar y eólica. Además, salvo en el caso de la energía solar térmica, el resto de las energías en el año 2016 tuvieron un promedio ponderado de costo/kilovatio que se encontraba dentro del rango del costo de las energías fósiles, lo que se debe considerar como un factor sumamente importante a la hora de sustituir la explotación de fuentes de energía fósiles por las nuevas fuentes de energía renovables. En el caso de la energía solar fotovoltaica, el principal factor que explica la disminución del costo es la constante disminución del precio de los paneles fotovoltaicos. Los mismo han caído más de 100 veces desde 1976 según *Global Change Data Lab* (2016).

Sin embargo, si bien en el caso de la energía solar fotovoltaica, el costo promedio ponderado se encuentra dentro del rango del petróleo, hay que tener en cuenta que el rango de costo USD/Mwh es muy amplio. Esto se debe a las

diferentes situaciones que enfrentan los países, ya que, por ejemplo, en países con latitudes mayores el costo de generar energía es significativamente mayor que un país que se encuentra en latitudes inferiores.

Esta importante disminución en el costo/kilovatio de la energía solar fotovoltaica, ha generado un incremento significativo de la capacidad disponible de instalaciones de este tipo de energía como se puede apreciar en la Figura 5. Esto se debe a que los inversores han comenzado a considerar que la energía solar fotovoltaica es una fuente de energía con verdaderas capacidades potenciales para sustituir a las fuentes fósiles, debido al costo que la generación de la misma implica.

FIGURA 5 - PRECIO DE LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA VS CAPACIDAD ACUMULADA (1976-2016)



### **1.3.1 Tipos de energía**

Las fuentes de energía son recursos existentes en la naturaleza de los que la humanidad puede obtener energía utilizable para sus actividades.

Para analizar las distintas fuentes de energía, y sus principales características, se deben agrupar en 2 grandes categorías: renovables y no renovables, en base a si sus recursos son ilimitados o no.

#### **1.3.1.1 Energías no renovables**

Según Del Sol & Cabrera (2008) las fuentes de energía no renovables son aquellas que se encuentran en la naturaleza en una cantidad limitada. Dentro de esta categoría se encuentran los combustibles nucleares y los combustibles fósiles.

##### **1.3.1.1.1 Energía Nuclear**

El Consejo de Seguridad Nuclear de España (2020), define a la energía nuclear como aquella que se encuentra contenida en el núcleo de un átomo. Dentro del átomo existen dos tipos de partículas: los protones y los neutrones. Estas partículas se mantienen unidas gracias a la energía nuclear. Si bien la energía nuclear puede ser utilizada para la generación de energía eléctrica, para que esto suceda, la misma debe ser liberada. Esto se obtiene mediante la fisión o fusión nuclear. En la fusión, los núcleos se combinan o fusionan para convertirse en un núcleo más grande. En la fisión, los núcleos se dividen en núcleos más pequeños, liberando así energía. Cuando estas dos reacciones nucleares se producen, los átomos sufren una pequeña pérdida de masa, y esta masa que se pierde, se convierte en una gran cantidad de energía calorífica y de radiación, la cual se utiliza para producir vapor y generar electricidad.

Las plantas nucleares generan energía a través de la fisión nuclear. Si bien los combustibles nucleares permiten producir mucha energía de forma continua y a un precio razonable, sin generar gases de efecto invernadero, existe un alto

riesgo asociado a accidentes o escapes radioactivos que pueden ocasionar graves catástrofes medioambientales. Aun siendo las centrales nucleares sumamente estrictas en seguridad, y sabiendo que los accidentes nucleares son poco habituales, las consecuencias que los mismos tienen una vez que suceden son extremadamente graves.

*Power Technology Magazine* (2020) afirma que, en la historia de la energía nuclear, los dos accidentes más importantes fueron: la explosión de la central nuclear de Chernóbil en Ucrania, y el terremoto y tsunami en la central de Fukushima, Japón:

- Explosión nuclear en la central nuclear de Chernóbil, Ucrania – 1986: Es considerado como el peor accidente nuclear de la historia. Fue causado por una serie de errores humanos en el transcurso de pruebas planificadas durante las cuales se produjeron explosiones en el reactor nuclear. Este evento provocó la evacuación de 336.000 personas en áreas aledañas. Las nubes radioactivas afectaron a gran parte de Europa en diferente medida.
- Accidente nuclear en central nuclear de Fukushima, Japón-2011: Este accidente, se considera el segundo peor de la historia, y fue causado por un terremoto de 8,9 grados en la escala de Richter, cerca de la costa de Japón, que provocó un posterior Tsunami que afectó gravemente el sistema de refrigeración del núcleo del reactor.

#### **1.3.1.1.2 Petróleo:**

Por su parte, según Del Sol, N., & Cabrera Fernandez, E. (2008), los combustibles fósiles se originan mediante la transformación, en condiciones adecuadas de temperatura y presión, de restos de seres vivos enterrados hace millones de años. Son combustibles fósiles el carbón, el petróleo y el gas natural, que al ser quemados producen calor, o bien pueden utilizarse para la obtención de energía eléctrica en centrales térmicas o termoeléctricas.

El petróleo es seguramente el recurso energético más popular del mundo. Es un aceite natural denominado hidrocarburo por su constitución a base de

carbono e hidrógeno. Se extrae mediante la perforación de pozos sobre yacimientos que se conectan mediante una red de oleoductos hacia su almacenamiento, transporte en buques petroleros y posterior refinación.

Las reservas petrolíferas se encuentran a miles de metros de profundidad, por lo que la única forma segura de extraerlas es mediante la perforación de pozos exploratorios, según el Ministerio de Energía y Minas – República del Perú (2020).

Para determinar las áreas más propicias para encontrar petróleo, según el Ministerio de Energía y Minas – República del Perú (2020) se utilizan los siguientes métodos:

- Exploración geológica: El geólogo examina las capas de la corteza terrestre y los tipos de rocas que afloran, analizando características de edad, porosidad, dureza etc., y determina la potencialidad del suelo para que se puedan hacer exploraciones más profundas a los efectos de confirmar la existencia de yacimientos de petróleo.
- Exploración sísmica: Mediante explosivos y vibraciones se obtienen gráficos que producen las ondas sísmicas, y que dan información acerca de la profundidad y forma del subsuelo
- Exploración Magnética: Mediante la utilización de Magnetómetros se puede medir las fluctuaciones del campo magnético terrestre, lo que permite reconocer indicios de presencia de rocas sedimentarias indicadoras de la existencia de hidrocarburos.

Además de estos métodos, también se realiza el análisis químico de las rocas, intentando encontrar indicios de la existencia de hidrocarburos. En todos los casos, la existencia o no de los mismos solo puede ser comprobada mediante la perforación del terreno.

#### **1.3.1.1.3 Carbón:**

El carbón es el combustible fósil de mayor abundancia a nivel mundial. Las principales reservas se encuentran en América del Norte, Rusia y China. Es el que más contribuye al cambio climático, y las centrales térmicas de carbón son

la mayor fuente de emisiones de CO<sub>2</sub> producidas por el ser humano, según Greenpeace International (2020)

Se estima que, si los planes actuales de construcción de centrales térmicas continúan incambiables para 2030, el 60% de las emisiones mundiales de CO<sub>2</sub> serán causadas por el carbón.

#### **1.3.1.1.4 Gas Natural:**

Es una mezcla de gases combustibles depositados en el subsuelo de la tierra, compuestos principalmente por metano, etano, propano y butano. El gas natural es el más limpio de los combustibles fósiles, y el que menos efectos causa sobre el medioambiente.

Se encuentra normalmente en el subsuelo continental o marino, y se formó hace millones de años cuando una serie de organismos descompuestos, como animales y plantas, quedaron sepultados bajo lodo y arena. A medida que se fueron acumulando, se fueron formando capas de rocas a gran profundidad. El calor de la tierra y la presión causada por el peso, transforman lentamente el material orgánico en gas natural.

Desde estos depósitos naturales se extrae a través de perforaciones en la capa terrestre. Una vez que el mismo es conducido a la superficie, es refinado y luego transportado a través de gasoductos que recorren varios cientos de kilómetros.

Otra forma de transportar el gas es mediante buques metaneros. Para eso, el gas se licua, reduciendo su volumen 600 veces. El licuado produce un descenso de temperatura a 160 grados centígrados bajo cero. Un buque metanero puede transportar en un viaje el consumo anual de una ciudad de 200.000 habitantes.

El aroma con el que se asocia el gas es adicionado por el distribuidor para detectar su presencia en caso de fuga para mayor seguridad, ya que el mismo naturalmente no tiene olor, según Montevideo Gas (2020) .

Si bien los combustibles fósiles son fáciles de utilizar y actualmente todavía existe disponibilidad de ellos, sus reservas tienden al agotamiento en corto o mediano plazo.

Adicionalmente, los cuatro problemas más importantes derivados del uso de las energías tradicionales son: el efecto invernadero, la lluvia ácida, la pérdida de la biodiversidad, y la disminución de la capa de ozono.

Según Ruzafa (2009), el efecto invernadero se produce a raíz de la emisión de gases entre los que se encuentra el CO<sub>2</sub>, derivado de la quema del carbón. Estos gases se acumulan y generan una suba en la temperatura de la atmósfera.

La lluvia ácida, es una consecuencia del desprendimiento de óxidos de azufre y nitrógeno al momento de la generación de alguna de las energías convencionales. Estos gases, al reaccionar con el vapor de agua de la atmósfera, forman compuestos llamados ácidos que caen a la tierra en forma de lluvia.

La pérdida de la biodiversidad se refiere a la desaparición de la flora y fauna que se produce como consecuencia de la emisión de gases, la destrucción de terrenos, el vertido de sustancias tóxicas, pérdidas de combustibles como petróleo durante los traslados, entre otros.

La disminución de la capa de ozono es una consecuencia del comportamiento humano durante muchos años. Esto se debe principalmente a la utilización de aerosoles, disolventes, pulverizadores.

### **1.3.1.2 Energías renovables**

Según Del Sol & Cabrera, (2008), una fuente de energía es renovable cuando es inagotable, aunque sea en forma intermitente, y cuando su aprovechamiento no cause alteraciones graves al medio ambiente.

De acuerdo con Javier Méndez y Rafael Cuervo (2007) las energías renovables presentan las siguientes ventajas: son respetuosas del medio ambiente, no emiten gases contaminantes, no generan residuos peligrosos,

pueden instalarse en zonas rurales y aisladas y disminuyen la dependencia de suministros externos. Según los autores el impacto medioambiental en la generación de electricidad de las energías convencionales es 31 veces superior al de las energías renovables.

El objetivo de conseguir un desarrollo sostenible desde una óptica energética pasa por el uso de energías renovables, evitando de esta forma potenciar el efecto invernadero, acelerar el cambio climático y emitir sustancias contaminantes a la atmósfera.

Dentro de las energías renovables se encuentran: eólica, hidráulica, biomasa y solar.

#### **1.3.1.2.1 Energía Eólica:**

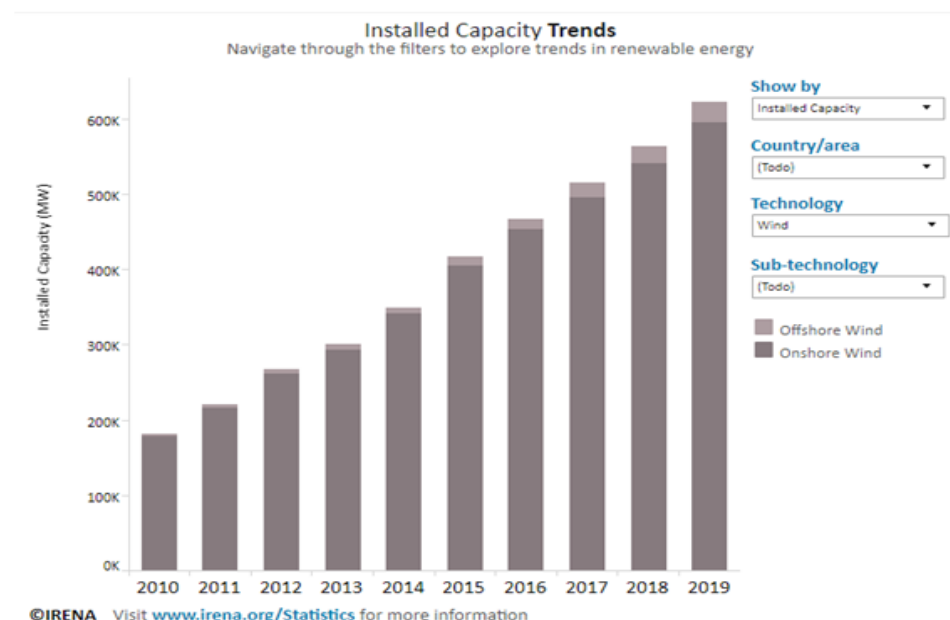
La energía eólica es una de las fuentes de energía renovable de mayor crecimiento a nivel mundial, en parte debido a la caída de los costos. La producción de energía eólica se duplicó entre 2009 y 2013, logrando que, en 2016, el 16% de la generación de energía renovable correspondiera a energía eólica, según *International Renewable Energy Agency* (2020).

El viento es utilizado para producir electricidad. Se aprovecha la energía cinética que genera el aire en movimiento. Esto se logra transformando la energía cinética en energía eléctrica a través de turbinas de viento. El viento empuja las aspas del molino, haciendo que comiencen a girar, moviendo la turbina que se encuentra conectada a ellas. Esto provoca la producción de energía eléctrica mediante el electromagnetismo.

La cantidad de energía que se puede producir depende del tamaño de la turbina y el largo de las aspas. En 1985, las turbinas solían tener una capacidad de 0,05 megavatios y un rotor de 15 metros de diámetro. Actualmente, las turbinas alcanzan una capacidad de generación de 8 megavatios, con un rotor de más de 160 metros de diámetro, según el informe de *International Renewable Energy Agency* (2020).

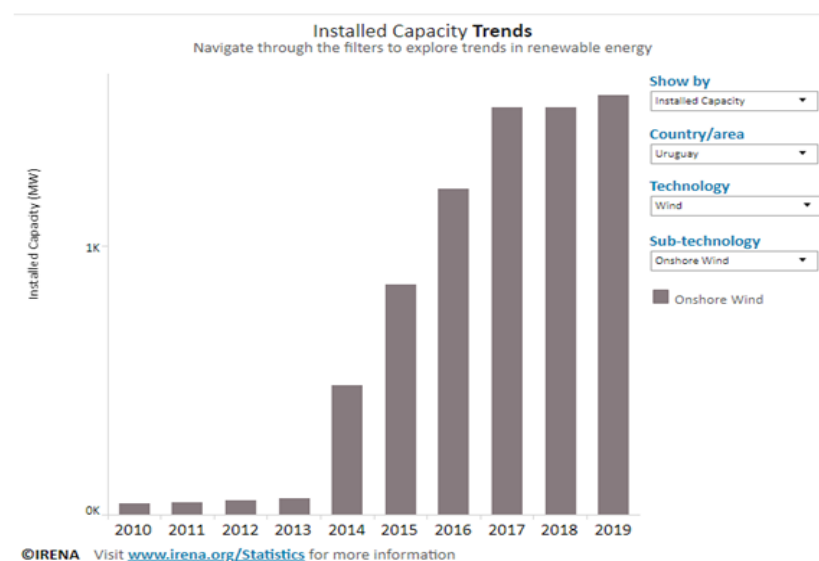
En la figura 6, se puede apreciar como a nivel mundial ha habido un aumento constante de la capacidad instalada de generación de energía eléctrica a través de la tecnología eólica.

FIGURA 6 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EÓLICA



Si se analiza la situación en Uruguay en la figura 7, se puede ver que la capacidad instalada comenzó a tener un incremento significativo en el año 2014, manteniendo este aumento hasta 2017, año a partir del cual no ha tenido modificaciones importantes.

FIGURA 7 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA EÓLICA EN URUGUAY



Uno de los principales inconvenientes que aparecen a la hora de elegir la energía eólica como proyecto, es el monto de la inversión inicial: *“Para que la instalación de estos aerogeneradores sea económicamente viable, suelen agruparse en concentraciones de aerogeneradores denominados parques eólicos”*, de acuerdo con el informe de Energía Solar (2014).

Además de la importante inversión inicial requerida, algunos de los principales inconvenientes de esta fuente de energía según De Físicos C. O., (1999) son:

- Los aerogeneradores ocupan grandes superficies, que no podrán utilizarse para otros fines,
- La instalación de parques eólicos genera un impacto sobre los suelos y su flora, principalmente en la etapa de construcción. Asimismo, generan un impacto tanto visual como sonoro, y requieren de una importante inversión económica para su instalación.

Por otro lado, dentro de las principales ventajas de la energía eólica como fuente de energía de acuerdo con Del Sol & Cabrera (2008) se encuentran las siguientes:

- Es una forma de energía totalmente limpia e inagotable,
- Puede ser instalada en espacios no aptos para otros fines, como ser zonas desérticas y/o áridas,
- Luego de su instalación, los generadores pueden convivir con otros usos del suelo como puede ser la ganadería o el cultivo.

#### **1.3.1.2.2 Energía hidráulica:**

Según Irena (2020), la energía hidráulica se obtiene mediante el aprovechamiento de las corrientes de ríos y saltos de agua. La energía hidráulica se genera a partir de la energía potencial asociada a los saltos de agua debido a la diferencia de alturas entre dos puntos del curso del río. Las represas transforman en energía eléctrica el movimiento de las turbinas generado al precipitar una masa de agua entre dos puntos de diferente altura.

Como se puede observar en las figuras 8 y 9, según Irena (2020), si bien a nivel mundial la capacidad instalada en energía hidroeléctrica ha mostrado un crecimiento constante, aunque no muy pronunciado, desde 2010 a la fecha en Uruguay prácticamente no ha tenido modificaciones.

FIGURA 8 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA HIDRÁULICA

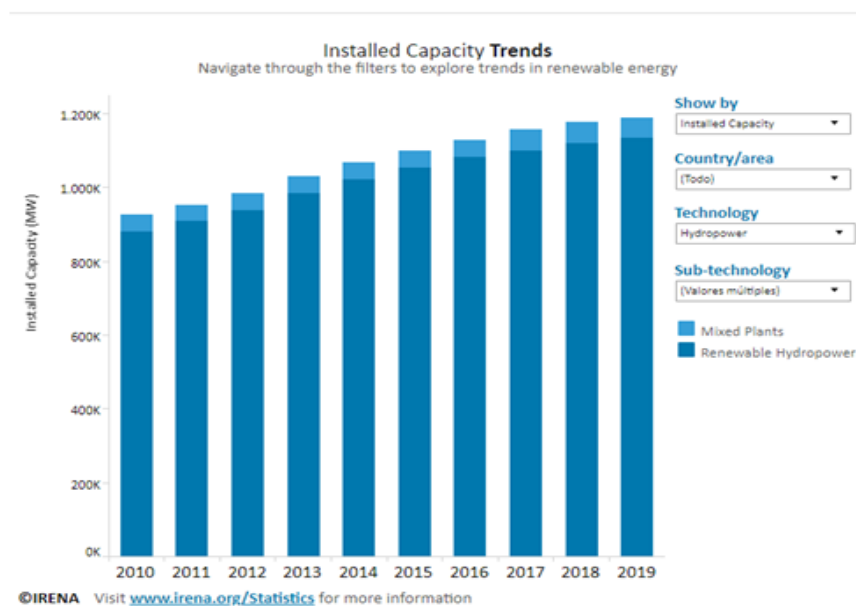
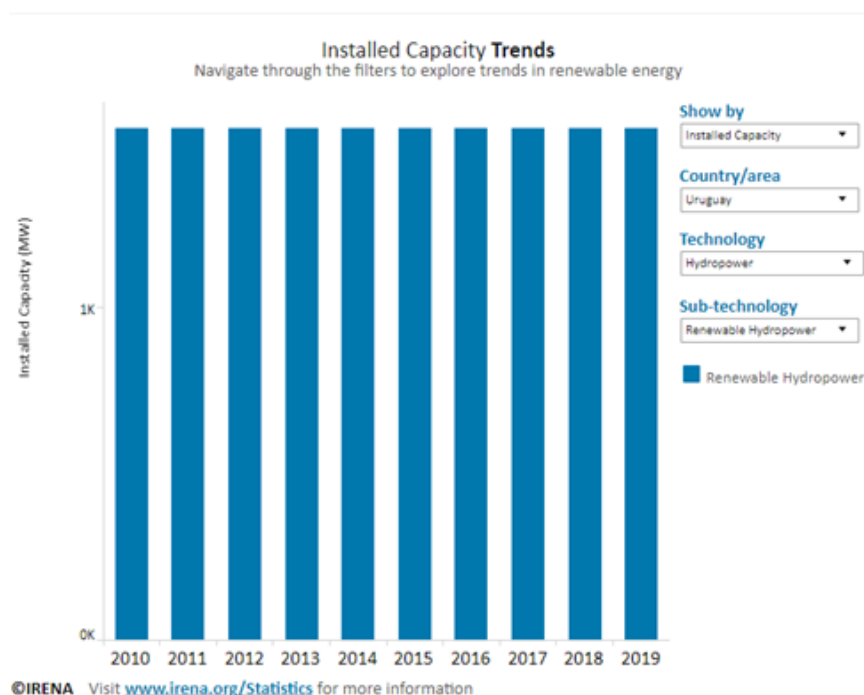


FIGURA 9 - CAPACIDAD INSTALADA DE ENERGÍA HIDRÁULICA EN URUGUAY



Dentro de las principales desventajas de la energía hidroeléctrica, de acuerdo con De Físicos C.O., (1999), se encuentra:

- Se requieren importantes inversiones para instalar sus infraestructuras y crear lagunas artificiales que altera el ecosistema fluvial,
- Alteración de la vegetación y suelo durante la etapa de construcción,
- Impacto visual que la instalación de una represa representa,
- Dependencia de factores climáticos.

Por otro lado, algunas de las principales ventajas son:

- Es una fuente de energía eficiente y no contaminante,
- Las obras de ingeniería necesarias para aprovecharla tienen una vida útil considerable.

#### **1.3.1.2.3 Energía geotérmica:**

Según Oviedo-Salazar, J.L, M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato (2015), la energía geotérmica se produce mediante la desintegración de elementos radiactivos y del calor contenido en el interior de la tierra. Si bien se debe instalar la planta geotérmica en las proximidades al punto de extracción, la energía geotérmica a diferencia de la eólica y solar, no es intermitente y es independiente a las condiciones climatológicas.

#### **1.3.1.2.4 Biomasa:**

Oviedo-Salazar, J.L, M.H. Badii, A. Guillen & O. Lugo Serrato (2015) afirman que la biomasa es la forma más antigua de energía explotada por la humanidad. Se utiliza materia orgánica de origen biológico para la obtención de energía. Es una fuente sostenible siempre y cuando se realice un consumo racional.

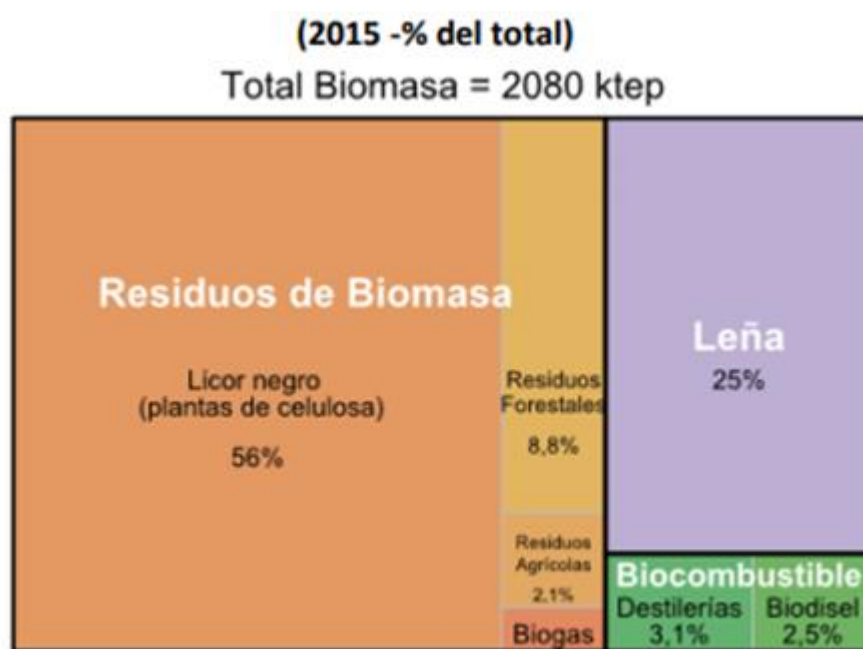
Según Irena (2020), la bioenergía llegó en 2015 al 10% del total del consumo final de energía, y al 1,4% de la generación global de energía.

La biomasa tiene un significativo potencial en países altamente poblados, como Brasil, India y China, siendo Brasil el líder en biocombustibles líquidos.

Una de las principales ventajas es la posibilidad de utilizar residuos agrícolas o de las industrias papeleras o madereras para la generación de energía, además de que el precio de la biomasa es menor que el de los combustibles fósiles.

De acuerdo con el informe publicado por Uruguay XXI (2017), en los últimos años Uruguay ha experimentado cambios en el sector agropecuario, que ha provocado la expansión de productos como soja, trigo y arroz, así como la actividad forestal. Esto ha provocado la incursión en la generación de energía a partir de la celulosa, la madera, la cáscara de arroz y la caña de azúcar entre otros, como se observa en la figura 10.

FIGURA 10 - PRODUCCIÓN DE ENERGÍAS SEGÚN LOS TIPOS DE RESIDUOS



Fuente: Uruguay XXI en base a DNE

### 1.3.1.2.5 Energía solar:

Es la forma más limpia de generar energía, y como su nombre lo indica, se basa en la obtención de energía mediante la radiación que emite el sol. Si bien

los costos iniciales son considerables y la energía generada depende de que la radiación solar pueda ser recibida de forma directa, es una fuente de energía inagotable, sus instalaciones son silenciosas, con una larga vida útil y no requieren tanta inversión, como por ejemplo la energía eólica, según Del Sol, N., & Cabrera Fernández, E. (2008).

La energía solar que llega al territorio continental mundial es más de 200 veces el total anual de la energía comercial que actualmente es usada por el ser humano, de acuerdo con Alrikabi, N. K. M. A. (2014).

Se puede subdividir en 2 tipos: solar térmica y solar fotovoltaica.

La energía solar térmica es la utilización de la energía solar para el calentamiento de agua. Actualmente, la tecnología también permite la generación de energía eléctrica mediante la producción de vapor.

Según Ruzafa (2009), las principales formas de aprovechar la energía solar térmica son las siguientes:

- Colectores solares planos: Basándose en el principio de invernadero, consta de una placa oscura por la que circula el agua que se quiere calentar. Esta placa permite que los rayos solares ingresen, pero no deja que la radiación vuelva a salir.
- Colectores concentrados: formados por espejos que tienen una forma cilíndrica, y en cuyo centro se coloca un tubo por el que circula el agua o líquido que se desea calentar.
- Los Helióstatos: son grandes espejos que reflejan la radiación del sol en un recipiente que contiene el agua. El vapor obtenido ingresa en una turbina para que comience a girar generando así energía eléctrica.

La energía solar fotovoltaica según Ruzafa (2009), es la que permite que se transforme la energía solar en electricidad, y que tradicionalmente se ha utilizado para abastecer de energía eléctrica a zonas en donde es difícil desde el punto de vista económico contar con líneas eléctricas. En este caso, se utilizan células fotoeléctricas o fotovoltaicas que capturan la energía solar y la transforman directamente en energía eléctrica.

El fundamento de la energía solar fotovoltaica es el efecto fotoeléctrico, descubierto por Albert Einstein en 1921, motivo por el cual se le otorga en 1922 el premio nobel de física, según el artículo de Energía Solar, (2014). De acuerdo con Ruzafa (2009), *“la luz del sol incide en una de sus caras (célula solar), se crea una diferencia de potencial eléctrico entre ambas caras, que hace que los electrones salten de un lugar a otro, generando una corriente eléctrica”*. La energía eléctrica generada es almacenada en baterías para su utilización de dos formas: por un lado, es posible verter esta energía a una red eléctrica, y por otro para ser consumida, como es el caso de lugares que no tengan acceso a líneas eléctricas.

Si bien cada tipo de energía tiene sus características particulares, se puede afirmar que las energías renovables presentan muchas más ventajas que desventajas. Entre las desventajas se puede destacar:

- La dependencia, en algunos casos, de factores climáticos que provoca cierta intermitencia en la generación de energías;
- La elección del tipo de energía dependerá de la zona geográfica en la que se encuentre, ya que un tipo de energía puede ser muy recomendable para un lugar y poco recomendable para otro.

Entre las principales ventajas se destacan:

- Son energías limpias, con escaso riesgo de contaminación y que no producen gases de efecto invernadero;
- El proceso de generación es seguro en comparación con las energías fósiles, sobre todo la nuclear;
- Son fuentes de energía inagotables;
- Son diversas, pues dependiendo de las características geográficas, se puede optar por energías que se alimentan del viento, del sol, del agua etc.;
- Son energías que permiten mejorar la salud humana y la calidad de vida, limitando el incremento del calentamiento global y los efectos negativos que esto genera.

Según Owusu & Asumadu-Sarkodie (2016), la energía es un requerimiento de la vida diaria, y es imprescindible para el desarrollo humano y el crecimiento económico. La utilización de energía renovable es una forma de mitigar el cambio climático, pero esta utilización debe ser basada en políticas sostenibles. Para ello se deben crear oportunidades a nivel global que permitan que tanto los países desarrollados, como los países emergentes, puedan acceder y desarrollar la utilización de energías renovables de manera sostenible.

De acuerdo con Merino (2017), dentro de las energías renovables, se puede afirmar que el sol está en el origen de todas las energías renovables. Por un lado, su calor es el causante de los vientos que generan la energía eólica, por otro lado, el calor del sol provoca la evaporación del agua que forma las nubes que posteriormente traerán las lluvias que más adelante generarán energía hidráulica. La fotosíntesis de las plantas se produce gracias al sol, lo que provoca que toda esa materia vegetal sea la futura biomasa, y por último la utilización directa de los rayos solares para la generación de energía solar fotovoltaica y térmica.

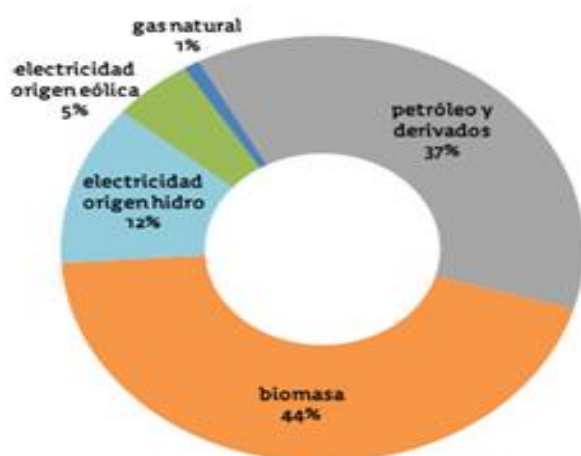
### **1.3.2 Energías renovables en Uruguay**

Al analizar la situación de las energías renovables en Uruguay, se puede destacar del informe de Uruguay XXI (2017), que *“los cambios registrados en la matriz energética han disminuido la dependencia de factores externos y aumentado la autonomía energética del país”*.

Como se puede observar en la figura 11, sólo el 38% de la energía es obtenida en base a petróleo y sus derivados, cuando en 2006, este porcentaje era de 62%.

## FIGURA 11 - MATRIZ ENERGÉTICA PRIMARIA EN URUGUAY

Gráfico N°1- Matriz energética Primaria  
(2016 –Part. %)



Fuente: Uruguay XXI en base a DNE.

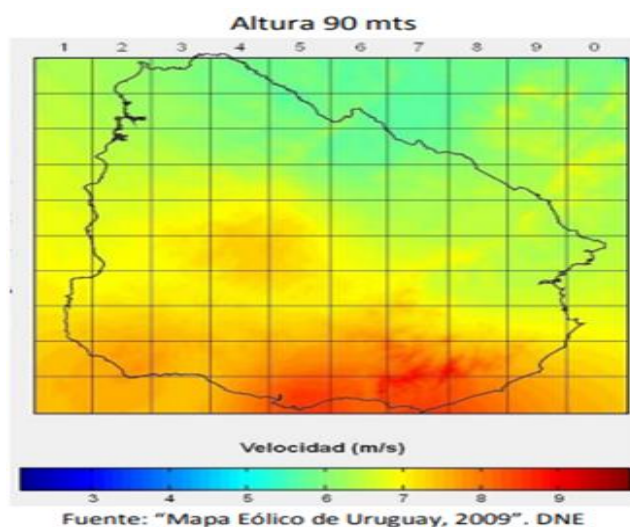
Según Uruguay XXI (2018), “Uruguay en la última década realizó obras de infraestructura energética por un monto superior a los US\$ 7.800 millones. En la actualidad, cuenta con el 62% de energías renovables en su matriz primaria y ocupa el primer puesto de América Latina en calidad del suministro eléctrico”.

El importante porcentaje de energía de biomasa se debe principalmente a las instalaciones de las plantas de celulosa de UPM y Montes del Plata que generan energía como subproducto de la transformación de la madera.

Una de las fuentes de energía que ha tenido un aumento importante desde 2014 es la energía eólica, debido a la instalación de parques eólicos a gran escala. El informe afirma que las características topográficas del país, compuesto por grandes llanuras, garantizan la disponibilidad del viento de forma constante y predecible.

Como se observa en la figura 12, el Mapa Eólico del Uruguay, muestra la velocidad de los vientos a una altura de 90 metros, en donde se pueden identificar las zonas de mayor aprovechamiento potencial.

FIGURA 12 - MAPA EÓLICO DEL URUGUAY

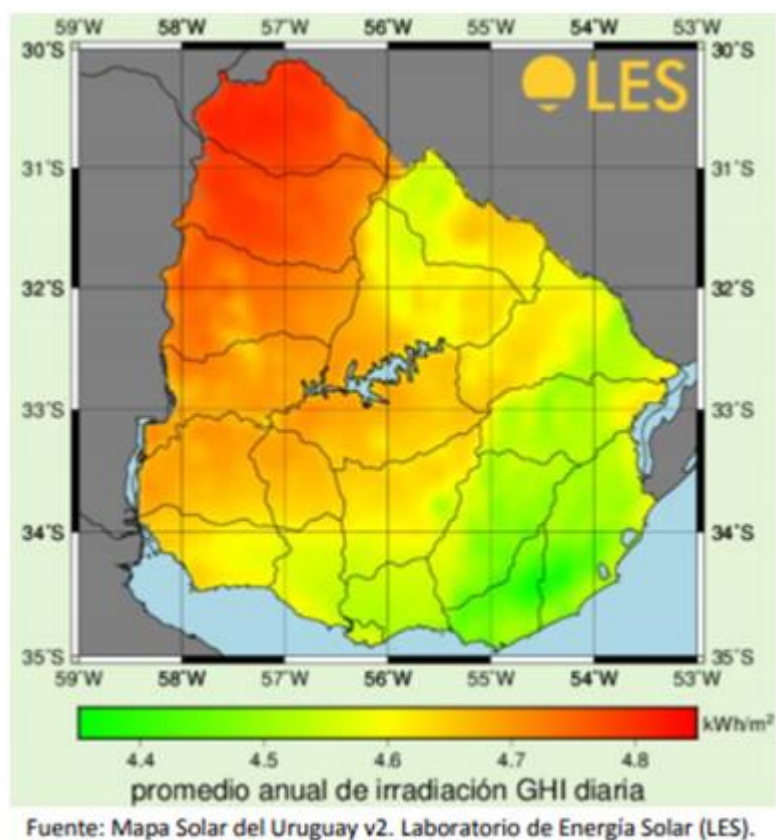


La energía hidráulica, es una de las principales fuentes de energía eléctrica. Se compone principalmente de 3 centrales en cascada en el Río Negro, y una central binacional en el Río Uruguay, compartida con Argentina, según el informe de Uruguay XXI (2017). También afirma que el aprovechamiento hidráulico a gran escala en Uruguay está cercano al límite máximo.

En cuanto a la energía solar en Uruguay, el mismo informe de Uruguay XXI (2017) indica que, aunque la variación estacional es grande, la variación geográfica es reducida debido a la uniformidad del territorio uruguayo, lo que permite una irradiación promedio diaria de 4,6 Kwh/m<sup>2</sup>.

Gracias a estudios del Laboratorio de Energía Solar de la Universidad de la República, se ha podido determinar el Mapa Solar de Uruguay, como se aprecia en la figura 13.

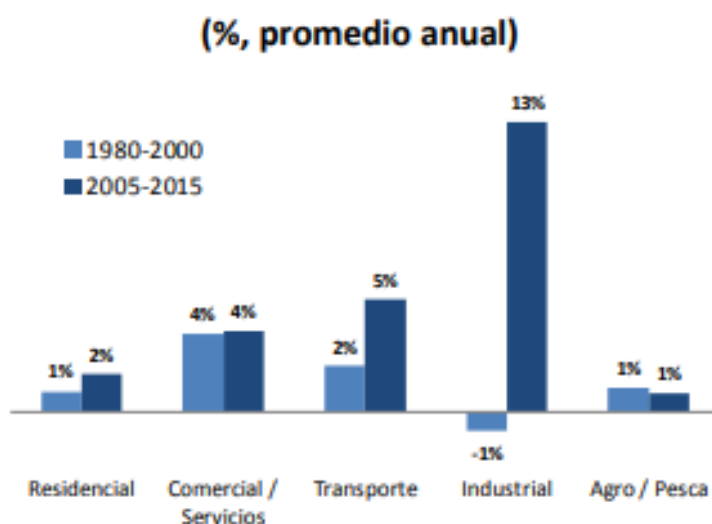
FIGURA 13 – MAPA SOLAR DEL URUGUAY



El mismo informe destaca el crecimiento significativo del consumo de energía entre 1990 y 2015, que alcanzó su récord en 2015, llegando a 4.399 KTEP (unidad de energía equivalente a la energía que generan 1000 toneladas de petróleo)

Si se analiza en qué sectores se ha producido el mayor aumento del consumo de energía, se destaca el sector industrial para el período 2005-2015 en relación con 1980-2000, como se observa en la figura 14.

FIGURA 14 – EVOLUCIÓN DEL CONSUMO DE ENERGÍA POR SECTOR



Fuente: Uruguay XXI en base a DNE.

Según la Dirección Nacional de Energía la demanda de energía crecerá a una tasa anual de entre 2,5% y 3,1% entre 2012 y 2035. En consonancia con esta proyección, el gobierno, en base al Plan Nacional de Eficiencia Energética, establece líneas de acción para promover la disminución eficiente de la demanda energética a nivel nacional.

Sumado a esto, Uruguay se ha comprometido con el cumplimiento de las obligaciones asumidas en el acuerdo de París. Dicho compromiso se manifiesta en el desarrollo de una política energética que apueste fuertemente a las energías renovables, con la implementación de atractivas ventajas impositivas.

### 1.3.3 Beneficios fiscales y regímenes promocionales para la energía solar

En la legislación fiscal uruguaya, existe un gran número de normas que promueven el desarrollo de energías renovables.

De acuerdo con Energía solar (2014) los beneficios fiscales a destacar son los siguientes:

- Ley de promoción y protección de inversiones, N.º 16906, brinda a todos los contribuyentes de IRAE beneficios fiscales a los proyectos que sean declarados promovidos. Para instrumentar esta Ley se creó la Comisión de Aplicación de Inversiones, en adelante COMAP. Funciona en la órbita del Ministerio de Economía y Finanzas y tiene como objeto la promoción y protección de inversiones.
- Decreto 354/009 promueve las energías renovables a través del otorgamiento de incentivos tributarios al amparo de la Ley de Promoción de Inversiones (Ley 16906) consistentes principalmente en la exoneración de IRAE a la generación de energía, así como a la producción de maquinaria y equipos destinados a ella. Se fijaron porcentajes descendentes de exoneración a descontar de la renta generada por estas actividades, comenzando en 90% en 2017 hasta 40% en 2023.
- Decreto 454/2016 reglamenta lo relativo a los paneles solares fotovoltaicos. Establece la exoneración de IVA a la importación, recargos y tributos aduaneros a la importación de materiales destinados a la fabricación de paneles en el Uruguay. Define y establece las condiciones para obtener un “certificado de necesidad” que permite obtener estas exoneraciones. Establece además que es el MIEM quien define los bienes que son objeto de exoneración de IVA. Por ese motivo, en la resolución ministerial del 1º de marzo de 2017, el MIEM define panel solar y fabricante de panel solar, así como el procedimiento para el efectivo control del régimen. En primer lugar, establece que es el MIEM quien define los bienes que son objeto de exoneración de IVA.
- Decreto 143/018: Otorga beneficios tributarios a proyectos que cumplan determinadas metas, como son: generación de empleo, aumento de las exportaciones, mejoras en los procesos de descentralización, incremento del valor agregado nacional, utilización de tecnologías limpias entre otras, según una matriz de indicadores. Los beneficios incluidos son:
  - Exoneración de parte del IRAE dependiendo del puntaje obtenido a través del cumplimiento de los objetivos.

- Exoneración del Impuesto al Patrimonio de las inversiones elegibles durante toda su vida útil.
  - Exoneración del IVA importación, así como los tributos y tasas de importación de aquel activo fijo y materiales destinados a la obra civil, siempre que los mismos no compitan con la industria nacional.
  - Devolución de IVA, por la adquisición en plaza de materiales y servicios destinados a la obra civil
- Decreto 151/2020: Dada la situación de la economía actual, este decreto generar estímulos a la inversión, incrementando transitoriamente los beneficios tributarios de las normas citadas anteriormente, de acuerdo con lo siguiente:
- Todos los proyectos que se ejecuten entre el 1/4/20 y el 31/3/21 computarán al 150% a los efectos del monto exonerado de IRAE.
  - Se establece que el porcentaje de exoneración obtenido se incrementará en un 20% para los proyectos realizados entre el 1/4/20 y el 31/3/21, siempre que se logre ejecutar el 75% de la inversión comprometida antes del 31/12/21.
  - El porcentaje máximo de exoneración de IRAE se amplía del 60% al 90% para los ejercicios que cierren entre el 1/4/20 y el 31/3/20
- Certificados de eficiencia energética: consisten en un ingreso monetario que premia las medidas de eficiencia energética, dentro de las cuales se encuentran la energía solar fotovoltaica.

Para el caso de la energía solar fotovoltaica, según Energía solar (2014) se destacan las siguientes normativas:

- Microgeneración: Decreto 173/010 habilita a los usuarios conectados a baja tensión a autogenerar su propia energía, permitiendo además que los excedentes se vuelquen a la red de distribución y sean adquiridos por UTE, asegurando que el organismo compre al mismo precio que vende al usuario, y por un período de contrato de 10 años. La potencia autorizada máxima en estos casos es de 150 KW.

A partir de la resolución ministerial del 12 de mayo de 2017 se incorporan nuevas limitaciones que refieren al balance anual de energía eléctrica inyectada y consumida de la red eléctrica.

- Suscriptor con Generación sin Inyección: El decreto 114/014 autoriza a que los consumidores puedan generar energía eléctrica sin inyectar a la red de UTE. La inyección de energía a la red, habilita a UTE a desconectar al cliente de la red.

En estos casos, el usuario debe instalar un medidor de generación con el fin de informar al MIEM la energía producida a los efectos de realizar el balance energético anual.

- Generación a Gran Escala: El decreto 133/013 promueve la celebración de contratos especiales de compraventa de energía eléctrica entre UTE y proveedores que produzcan energía eléctrica de fuente solar fotovoltaica en el territorio nacional con una potencia contratada que va desde los 500 Kw a los 50 Mw.
- Sistemas aislados: gracias a la disminución sostenida de costos de los sistemas solares aislados, se han realizados varios proyectos exitosos, como:
  - “Luces para aprender” que permitió que 90 escuelas rurales, mediante la instalación de sistemas fotovoltaicos, dispongan de energía eléctrica para cubrir sus necesidades de iluminación, así como energía para conexión a internet de las Ceibalitas;
  - El caso del poblado rural Cerros de Vera que mediante la colaboración del MIEM y de UTE se convirtió en el primer poblado de Uruguay en autoabastecer su demanda de energía eléctrica con paneles solares fotovoltaicos;
  - Por otro parte, el primer proyecto piloto de una planta solar fotovoltaica fue inaugurada en marzo de 2013, con el nombre “Asahi”, que en japonés significa “sol de la mañana”.

Este último proyecto surge en el marco de cooperación internacional entre los gobiernos de Uruguay y Japón. Según Energía solar (2014), mediante este

acuerdo el gobierno japonés otorgó a Uruguay una donación económica con el objetivo de reforzar el desarrollo en materia de acceso a fuentes de energía renovables.

Asahi se encuentra en el parque previo al ingreso de la represa de Salto Grande en el departamento de Salto, y consta de 2.240 paneles de silicio. La energía eléctrica que este parque genera y vuelca a la red de UTE, equivale al consumo de doscientas viviendas.

## **1.4 Regulación en energías renovables**

### **1.4.1 Experiencias en Europa: el caso de España.**

España es la quinta economía de la Unión Europea. Tiene una extensión de 505 370 km<sup>2</sup> y un PIB de 1.4 billones de dólares. Energéticamente es un país netamente importador, que de acuerdo con Palmis Bas (2018), cubre en torno al 70% de su demanda energética con importaciones. El mix de la producción de energía española se compone de: carbón, hidráulica, energía nuclear, biocombustible (basura), energía geotérmica/termo solar, fotovoltaica y eólica.

La fuente principal es la energía nuclear, el carbón ha ido reduciendo su peso en el mix de forma sostenida. El resto, mantienen su peso constante, y las energías renovables han aumentado.

Según Palmis Bas (2018), el consumo de energía eléctrica se distribuye de la siguiente forma: el consumo residencial abarca entre el 15-20% del consumo total, el transporte 40-50%, la industria en torno al 40% y el resto aproximadamente 5% (pesca y agricultura).

Con respecto a las energías renovables, en 2015 representaron el 34,6% de la producción total, siendo la energía eólica la que tiene mayor incidencia con un 74% de la energía renovable instalada. La energía fotovoltaica representa el 15,5% de la potencia instalada.

En 2009 la Unión Europea estableció un plan común para promover las energías renovables, con el objetivo fijo de alcanzar a cubrir para el 2020, el

20% del consumo final bruto de energía con fuentes renovables. Desde ese momento cada país miembro comenzó a desarrollar planes nacionales para fomentar la utilización de energías limpias y alcanzar los objetivos comprometidos.

Las medidas utilizadas para el desarrollo de las energías renovables se pueden clasificar en las siguientes categorías:

1. Medidas financieras, con el objetivo de canalizar los fondos de instituciones financieras a este tipo de inversiones;
2. Medidas legislativas, simplificando los procedimientos administrativos, obligando a los consumidores a adquirir una proporción de energías renovables;
3. Medidas económicas dirigidas a planes de apoyo a los precios incluyendo tarifas fijas y pago de primas especiales;
4. Medidas fiscales como ayuda a la inversión, exoneraciones y reducciones impositivas.

En España particularmente las medidas más utilizadas fueron las económicas. Se puso foco en asegurar un precio específico a los productores de energía eléctrica de origen renovable durante un tiempo predefinido; abonándose el precio spot más una prima.

España ha tratado de promover medidas para alcanzar los objetivos del 2020 y al mismo tiempo ha buscado fortalecer la seguridad energética del país que presenta una elevada dependencia del exterior.

De acuerdo con Nieto Morote y Ruz Vila (2016), desde mayo 2007 con el cambio de regulación de producción eléctrica enfocado en energías renovables, en especial la energía solar fotovoltaica, se han ido generando sucesivos cambios en las regulaciones que ha afectado de manera significativa la rentabilidad de las instalaciones de energía fotovoltaica. Las medidas económicas utilizadas para promover la energía solar han sido primas, tarifas y regulaciones fiscales, que han ido variando en función de la potencia instalada y del déficit tarifario.

El déficit tarifario es definido por Portela, N. F., & Utray, J. F. (2012) como la diferencia entre los derechos de cobro reconocidos a las compañías eléctricas y lo que efectivamente ingresa a través de las tarifas. En el 2012 superó los 28.000 millones de euros y se ha ido acumulando a través de los años. El autor afirma que la fuerte inversión en energías renovables, que se dio durante los años previos al 2012, ha contribuido al aumento de los costos del suministro eléctrico que han afectado el déficit.

Según Nieto Morote y Ruz Vila (2016) el 97% de la potencia instalada de energía solar al 2016 se había realizado en los 8 años previos, justo con el cambio en las regulaciones antes mencionado. El 60% de la potencia se instaló durante el 2008, coincidiendo con el momento más beneficioso del régimen regulatorio.

Del análisis de la normativa los autores observan que los cambios más relevantes por su impacto en el sector fotovoltaico fueron:

1. Real Decreto 661/2007: Planteaba un régimen retributivo que fijaba la tarifa durante 25 años y actualizaba según la inflación. El objetivo era dar seguridad a los inversores de energía fotovoltaica. Se establecía una tarifa regulada, la cual consistía en la suma de una prima al precio que resulte del mercado organizado, adicionalmente se sumaba un complemento de valor variable dependiendo de la hora;
2. Real Decreto 1578/2008: Nuevo régimen económico, registro de preasignación, cupos de potencia. A través del Decreto se reduce el precio fijado para la venta de electricidad al sistema de la nueva capacidad. Para las instalaciones previamente realizadas una reducción del número de horas con derecho a prima. Es importante mencionar que al considerarse medidas retroactivas fueron recurridas por algunos de los afectados ante los tribunales. También se debe destacar que este decreto entró en vigor en un contexto de crisis económica. Por lo que una reducción de beneficios en un contexto de inestabilidad generó la paralización del sector;
3. Ley 24/2013: Nuevo marco normativo del sector eléctrico, supresión de regímenes especiales. El sector fotovoltaico queda obligado a participar

del mercado. La norma establece un régimen retributivo de las energías renovables basado en la participación de mercado.

Los autores Nieto Morote y Ruz Vila (2016) concluyen que los sucesivos cambios regulatorios han ido modulando el crecimiento. Esto justifica el aumento considerable de la potencia instalada en 2008, que luego hasta el 2012 se fuera incrementando a menor ritmo y que a partir de esa fecha casi desaparecen las nuevas inversiones.

De acuerdo con Sevilla, Golf y Oana (2013), el sistema español que resultó de los incentivos puede considerarse efectivo, pues ha permitido alcanzar cambios relevantes en la matriz energética nacional. El problema es la falta de eficiencia. El peso de los subsidios es demasiado elevado en relación con los costes de producción. El tipo de energía que más influye en este desequilibrio es la solar fotovoltaica. La evolución de los paneles solares ha sido considerada como una burbuja debido a la importancia de los subsidios recibidos. Los autores concluyen que, si bien las acciones supusieron un gran avance en la lucha contra la producción de energías convencionales, también han generado desequilibrios insostenibles, considerando que en periodos de crisis económicas y ajustes de política fiscal las primeras variables de ajustes son las primas y subvenciones aplicadas a estas tecnologías. Concluyen que las preocupaciones medioambientales ocupan un lugar secundario respecto a la situación fiscal del país, optando los dirigentes políticos por corregir los desajustes económicos.

En contraposición con lo antes expuesto, Mir, P. (2012) considera que el desequilibrio fiscal es generado por las tarifas y no puede imputarse la responsabilidad exclusivamente a las primas otorgadas a las plantas de producción fotovoltaicas. Entiende que debe evaluarse la coyuntura económica del momento. En particular la debilidad del sistema financiero internacional; el deterioro de las expectativas del sector de la construcción, la seguridad y la rentabilidad que otorgaba el régimen de inversión para la producción fotovoltaica.

También menciona la fuerte publicidad que realizaron las instituciones financieras a este tipo de inversiones. Estas organizaciones otorgaron facilidades crediticias a través del método *project finance* que permite operar con un alto nivel de endeudamiento y la garantía del régimen tarifario aseguraba la obtención de un flujo mínimo para el pago del servicio de la deuda.

Mir, P. (2012) sostiene que las medidas enfocadas a la corrección del déficit tarifario han reducido considerablemente las inversiones en energías de fuente renovable y han generado dificultades económicas a los inversores debido al cambio de condiciones. También menciona que la rentabilidad de las plantas fue superior a la prevista por el regulador al momento de definir las primas. Se había previsto una TIR en torno del 5-9%, mientras los instaladores prometían un retorno del 10-15%. Esta diferencia la atribuye a 3 factores: la continua mejora de las placas que permiten generar más energía, la reducción de precios desde 2009 y una cotización del euro frente al dólar muy favorable para la importación de placas.

El autor atribuye los problemas a las fallas regulatorias. Las mismas no previeron que las inversiones se convertirían en un producto financiero muy atractivo en la etapa final del ciclo, generando una expansión sin precedentes y obligando a un cambio en la normativa socavando la seguridad jurídica.

Según el artículo de Thiago Ferrer Morini (2013), las cuentas del sistema eléctrico siguen con una trayectoria insostenible y son fuertemente afectadas por las primas a las energías alternativas. Las ayudas superan en un 25% las previsiones realizadas y el déficit tarifario continua siendo un problema. No se pudo reducir con el aumento de tarifas, impuestos a las energías eléctricas, ni con los sucesivos cambios normativos para la reducción de beneficios. En el 2012 la mayor parte de las primas correspondían a la energía solar (43,7% del total de primas en energías renovables). Cada kilovatio producido por una central fotovoltaica obtenía 0.33 euros en comparación con los 0.037 euros recibidos por las centrales eólicas.

#### **1.4.2 Experiencias en Europa: el caso de Portugal.**

En el marco de los compromisos de compras de energía gubernamentales es interesante estudiar el caso de Portugal. Según Rui M. Pereira y Alfredo M. Pereira (2019), las políticas de promoción de energías renovables son el centro del plan contra el cambio climático en el país. De acuerdo con los autores la forma de descarbonizar la economía es a través de un aumento de la demanda de electricidad y que se produzca a través de energías renovables. Portugal está liderando el uso de estas energías en Europa. Las herramientas que utilizó el gobierno para promover el cambio en la matriz son asegurando los precios de venta a los desarrolladores y beneficios fiscales.

Los autores Proença, S., & Aubyn, M. S. (2013) mencionan que el país como miembro de la Unión Europea debe cumplir con los objetivos de la comunidad para el 2020. Estos son: reducción de emisión de gases de efecto invernadero en un 20% con respecto a los niveles de 1990; que un 20% del consumo de energía eléctrica provenga de fuentes de energía renovable; y una mejora del 20% en la eficiencia energética.

Rui M Pereira y Alfredo M. Pereira (2019) mencionan que cuando con el objetivo de promover el desarrollo de renovables se aseguran precios por encima del mercado a los desarrolladores y estos se cargan en la factura del consumo eléctrico, se afecta la demanda de la economía que se ve reducida por un menor consumo de la población y la rentabilidad de las firmas por un aumento de sus costos.

En el análisis de Proença, S., & Aubyn, M. S. (2013), determinan que la política actual de Portugal, que permite aumentar el peso de las energías renovables en la matriz energética (desde un 19.2% a un 45%) y reducir las emisiones de GEI en un 31%, tiene un costo del 0.18% del PIB. Proponen que el sobre costo sea financiado a través de un impuesto a las emisiones de carbono (ya vigente en Portugal). De esta forma Rui M Pereira y Alfredo M. Pereira (2019) concluyen, a través de un modelo y simulaciones, que un impuesto a las emisiones de carbono permite no solamente reducir las

emisiones, sino mitigar los efectos sobre la demanda de energía producida a través de fuentes renovables.

Según las proyecciones macroeconómicas concluyen que utilizar el impuesto para financiar el precio de la energía limpia permite mitigar los efectos adversos macroeconómicos de la creación del impuesto.

### **1.4.3 Experiencias en América Latina: el caso de Argentina y Brasil**

Según Casola, L., & Freier, A. (2018), la protección medioambiental ha sido desde el inicio, un tema central para el Mercosur, estableciéndose claramente en el tratado de Asunción la búsqueda del crecimiento económico preservando el medio ambiente y utilizando de forma eficaz los recursos disponibles.

Si bien hay indicios de que el Mercosur quiere atacar el cambio climático mediante la utilización de energías renovables, no ha habido una respuesta importante a nivel normativo.

Tanto Argentina como Brasil se sumaron al protocolo de Kioto en 2001 y 2002 respectivamente, pero sin comprometerse en el cumplimiento de porcentajes de reducción en las emisiones, sino que debiendo realizar esfuerzos para formular, aplicar y actualizar regularmente medidas orientadas a la mitigación del cambio climático provocados por la emisión de gases de efecto invernadero.

Al momento de analizar la relación entre medioambiente y energía en Argentina, se debe tener en cuenta que es un país federal. Esto implica que hay dos niveles normativos, uno a nivel nacional y otro a nivel provincial. La reforma constitucional de 1994 estableció que corresponde a la nación dictar las normas asociadas a los presupuestos mínimos de protección, y a las provincias, la emisión de normas que permitan complementar lo establecido a nivel nacional.

Si bien se ha emitido una normativa asociada a la lucha contra el cambio climático según Casola, L., & Freier, A. (2018), ratificando el protocolo de Kioto y promoviendo la utilización de energías renovables, basándose

principalmente en 3 mecanismos: estímulo a la investigación, aplicación de un régimen impositivo diferencial y creación de un fondo fiduciario, no se han alcanzado los resultados esperados, debido principalmente a que la crisis financiera del año 2001 obligó al Estado a subsidiar las energías tradicionales, como una forma de mitigar los efectos negativos a nivel nacional. Posteriormente se sancionó la ley 26.190 (2006) y se estableció un plazo de 10 años para lograr que el 8% del consumo energético se sustente con fuentes renovables.

En 2015, debido a la insuficiente utilización de las energías renovables, se sancionó la ley 27.191 la cual crea el Fondo para el Desarrollo de Energías Renovables y algunos beneficios impositivos adicionales intentando darles prioridad a las inversiones nacionales, sin lograr aún los resultados esperados. Esta ley mantiene el objetivo planteado por la ley 26.190 de lograr que todos los consumidores tengan un 8% de su energía proveniente de fuentes renovables, pero extiende el plazo original para diciembre de 2017. Para facilitar este propósito, se crea un Fondo Fiduciario (FODER) específico para el financiamiento de proyectos renovables y se otorgan nuevos incentivos fiscales para los productores independientes de energía.

Posteriormente, en 2017 se creó la ley 27.424, estableciendo el Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública, que fija políticas y condiciones jurídicas y contractuales para la generación de energía eléctrica de origen renovable por parte de usuarios de la red de distribución para su autoconsumo, permitiendo la eventual inyección de excedentes a la red, según el informe de Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, (2018).

Mediante esta última ley, se pretende lograr la verdadera revolución energética. Cada uno de los usuarios puede generar, consumir y hasta vender su propia energía. Esto permite que quienes instalen tecnologías de generación de energía limpia en su casa puedan no solo contribuir con la lucha contra el cambio climático sino también ahorrar en sus facturas de luz y/o gas.

En definitiva, se puede afirmar que existe compromiso por parte del Estado con la lucha contra el cambio climático. Si bien debido a las crisis económicas que el país ha atravesado el alcance de los objetivos se ha visto retrasado, se mantiene firme la voluntad y se ha seguido trabajando en nuevas normas que faciliten y contribuyan a la lucha contra el cambio climático.

Por su parte, según Casola, L., & Freier, A. (2018), Brasil también es un Estado federal y su constitución establece que existen competencias exclusivas del gobierno nacional, y otras competencias que corresponden a los estados y municipios.

Al gobierno nacional le compete entre otras cosas gobernar sobre recursos minerales, actividades nucleares y energía. A los estados y municipios les corresponde legislar, entre otras cosas, sobre conservación de la naturaleza, protección del medio ambiente y control de la polución.

Esta distribución genera algunas dificultades, ya que hay competencias concurrentes en materia ambiental. En definitiva, lo que sucede es que el gobierno nacional dicta normas de carácter general, y los gobiernos estatales ejercen competencia legislativa cuando existen vacíos legales de las normas generales.

Si bien Brasil ratificó el protocolo de Kioto, al igual que Argentina, no se comprometió con el cumplimiento de metas cuantificables, sino que el compromiso es con el desarrollo y actualización periódica de medidas orientadas a la mitigación de los efectos del cambio climático.

En el 2008 comenzó a regir el Plan Nacional sobre Cambio Climático. Lo que se busca, según Casola, L., & Freier, A. (2018), es sustituir los combustibles con alto contenido de carbono, por combustibles de fuentes renovables. En este sentido, se hace hincapié en la energía hidroeléctrica dado las grandes reservas acuíferas que posee Brasil.

No obstante, el plan nacional también hace referencia a la expansión de la energía solar fotovoltaica, y al uso energético de la biomasa. La última versión del Plan de Expansión Energética, indica que para el 2024, el balance

energético espera un 45,2% de participación de fuentes renovables. También estima que la utilización de la energía eólica pasará del 2 al 8%.

Si bien este Plan de Expansión Energética no se focaliza exclusivamente en energías renovables, está orientado a la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub>. A los efectos de lograr esta reducción, El Banco Nacional de Desarrollo Económico y Social ofrece financiación a tasas bajas para la instalación de plantas o partes de energía renovable, teniendo como requisito, que el 60% del proyecto contenga piezas nacionales. Finalmente, en 2004, se sancionó la ley 10.848 que incluyó a la energía solar.

En definitiva, de acuerdo con el artículo de Casola, L., & Freier, A. (2018), se puede afirmar que Brasil ha declarado su inclinación por la seguridad energética por sobre el desarrollo sustentable, mientras que Argentina parece considerar ambas cuestiones con igualdad de importancia. Sin embargo, a nivel empírico, tanto Brasil como Argentina procuran su abastecimiento energético, aún a costa del medio ambiente, aun intentando promover el uso de energías renovables.

### **1.5 Inversión en energías renovables**

De acuerdo con el informe de *International Energy Agency* (2019), las inversiones en energía realizadas durante el año 2018 ascendieron a 1.8 trillones de dólares luego de 3 años de una tendencia bajista. El reporte clasifica las inversiones en energía dentro de 5 categorías:

1. *Power sector*, en el que se incluyen las inversiones para la producción de energía eléctrica;
2. Inversiones en combustibles fósiles, considerando sus 3 etapas (*upstream, midstream y downstream*);
3. Eficiencia energética;
4. Suministro de carbón;
5. Inversiones en energías renovables para el transporte y cocinar alimentos.

Por tercer año consecutivo la inversión, medida en dólares, en energía eléctrica supera a las inversiones en combustibles fósiles y es la opción más elegida. Para un correcto análisis es necesario realizar dos precisiones: ambos sectores (*Power Sector* y Combustibles fósiles) se encuentran en un contexto de reducción de costos. Esto implica que con menores montos de inversión se pueda obtener una capacidad igual o mayor. Otro dato relevante es que se observa un aumento de la demanda de energía eléctrica superior al aumento del resto de los tipos de energía.

Respecto a la reducción de costos de capital en fuentes renovables y combustibles fósiles, el informe realiza un ajuste de los montos de inversión llevando los costos a términos constantes del 2018. De esta forma las cifras son comparables. Bajo este análisis la reducción de la inversión en combustibles fósiles, que en términos nominales tuvo una reducción del 30% entre el 2014-2016, es bastante menor. Con esta misma óptica de costos constantes, se analiza la inversión en energías renovables y se observa un incremento del 55%. En cambio, si se mide a través de los dólares efectivamente invertidos no hay prácticamente variación.

Según el reporte de inversión en el sector energético, la capacidad requerida para los consumos proyectados del 2025-2030 es significativamente superior a la que se generará con las tasas actuales de inversión, particularmente para el sector de energía eléctrica. Bajo un escenario de desarrollo sostenible según el acuerdo de París, la inversión en energía eléctrica debiera ser un 35% mayor a la observada en el 2018 para cubrir la demanda esperada en el periodo 2025-2030.

Según el informe de Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2019), en la década pasada (2010-2019) se realizaron inversiones en energías renovables por 2.6 trillones de dólares. La energía solar fue la opción más elegida por los inversores con 1.3 trillones, la segunda opción fue la energía eólica (*onshore* y *offshore*) con 1 trillón, luego la siguen biomasa y otras con importes significativamente menores. Es importante mencionar que de este análisis se excluyen las inversiones en represas hidroeléctricas.

Particularmente en el 2018 la energía solar también fue la que captó mayor inversión con 135.5 billones de dólares, pero con una reducción del 22% en comparación con el año anterior. La energía eólica, segunda en el ranking, tuvo una inversión de 129.7 billones con un incremento del 3% en comparación con el 2017.

Estas inversiones permitieron que en 10 años la capacidad de generación de energía eléctrica de las energías renovables pasara de representar el 4% al 18%.

Desde el punto de vista de la inversión por países, China está primero con 758 billones de dólares durante la década (2010-2019), luego está Estados Unidos con 356 billones y tercero Japón con 202 billones. En el continente europeo, se realizaron inversiones por 698 billones en energías renovables, con Alemania en el podio con 179 billones.

En la década pasada, según el reporte de Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2019), se observó una reducción en el costo de la generación eléctrica a través de paneles solares del 81%, de la energía eólica onshore del 46% y offshore del 44%. Los factores que más influyeron en esta reducción fueron: los grandes volúmenes de producción (economías de escala); el aumento de la competencia en la cadena de suministros; y la reducción de los costos financieros, debido al periodo prolongado de tasas de interés bajas, considerando que las inversiones en renovables se realizan por adelantado (en contraste con las no renovables que la inversión se da en etapas).

Durante la década 2010-2019 la energía fotovoltaica fue la que agregó mayor capacidad instalada, superior a cualquier tecnología (renovable y no renovable).

El reporte sostiene que en el 2018 se observó una reducción del 12% en la inversión de energías renovables (excluidas las de generación hidroeléctrica) con respecto al año anterior. Los principales factores que influyeron fueron: la reducción del costo de capital por megavatio producido por la energía fotovoltaica y eólica y la reducción de subsidios por parte del gobierno de China (principal inversor). En junio de 2018 anunciaron un recorte de subsidios a

algunos parques fotovoltaicos, llevando a una caída mayor al 30% en la inversión de nuevos parques.

Desde el 2014 a la fecha las inversiones en energías renovables en los países emergentes han superado a los países desarrollados. Es importante destacar que la mayor parte de las inversiones de emergentes se realizan en China e India (en 2018 representaron el 68% de la inversión total de emergentes).

Considerando la situación actual de reducción de costos generalizada se requiere buscar otra variable de análisis que no sean los dólares invertidos. Por este motivo, el reporte de Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2019) estudia la capacidad instalada. En el 2018, la capacidad instalada de renovables alcanzaba los 1,45 teravatios, al principio de la década ascendía a 414 gigavatios.

La energía eólica sigue siendo la renovable con mayor capacidad instalada, al cierre del 2018 representaba 577 gigavatios, la solar ocupa el segundo lugar con 532 gigavatios. Es importante mencionar que desde el 2011 se observó un aumento considerable de las inversiones en energía fotovoltaica, y se espera que durante el 2020 pase a ser la energía renovable con mayor capacidad instalada.

Cabe aclarar que no hay una relación perfecta entre la inversión anual en dólares y la capacidad instalada por dos motivos: la reducción de costos que permite mayor producción de energía con menor inversión; y el plazo entre que se realiza la inversión y la planta comienza a producir. El reporte estima que los parques solares tienen un plazo de 3-6 meses, los parques eólicos onshore de entre 6-12, y por los parques offshore, energía geotérmica y biomasa tienen un plazo de entre 2 y 4 años.

Se considera importante realizar la comparación de la capacidad agregada entre renovables y no renovables. En el 2018, las inversiones globales renovables representaron el 68% de la capacidad agregada, un aumento considerable en comparación con el 2017 (64%) y 2016 (51%).

Este incremento no es tan notorio en la generación efectiva, sin considerar las represas, en el 2018 fue de un 12.9%, en el 2017 11% y a principios de la década representaba un 6%. Este incremento más moderado se debe a que ya existe un stock importante de capacidad instalada de energías de combustibles fósiles y que, las energías renovables son dependientes de factores climáticos por lo que la generación efectiva tiende a ser menor a la potencial.

Según Irena (2019), intensificando los desarrollos en producción de energías renovables, aumentando la electrificación de la economía e incrementando la eficiencia energética se puede lograr el 90% de las reducciones en emisiones previstas en el acuerdo de París para el 2050.

De acuerdo con sus proyecciones la energía solar podría generar el 25% del consumo eléctrico global. Para alcanzar esta transformación se requiere un aumento significativo en las próximas tres décadas en las inversiones de este rubro. En el 2018 la capacidad de energía fotovoltaica sumaba 480 GW. Para cumplir con el acuerdo de París se requiere, según el reporte, alcanzar 2840 GW para el 2030 y 8519 GW en el 2050. En el 2018 se añadieron 94 GW de capacidad a través de inversiones en parques fotovoltaicos. Para cumplir con los objetivos antes planteados se debe generar un incremento anual entre 270-370 GW.

De acuerdo con el informe, la región asiática encabezada por China será líder en capacidad instalada de energía solar. En el 2050 la producción fotovoltaica representará el 50% de la matriz eléctrica asiática, en Norteamérica el 20% y Europa el 10%.

Irena (2019) proyecta que a través de economías de escala y avances tecnológicos se continuará observando una reducción en el costo de los paneles. En las proyecciones, partiendo de un costo promedio de 1210 dólares americanos por kilovatio de energía fotovoltaica en 2018, se espera para el 2030 que esté en el rango de los 340-834 dólares, y para el 2050 entre 165-481 dólares por kilovatio.

Aun siendo competitivo el costo de producción de energía solar respecto a la generación mediante fuentes no renovables, la tendencia muestra una mejora en el costo de producción para el sector fotovoltaico. Considerando el costo promedio de 0.085USD KW hora en 2018, para el 2030 se proyecta este entre USD 0.02-0.08 kwh y para el 2050 entre 0.014-0.05 kwh.

La *International Energy Agency* (2019), en su informe anual analiza las características financieras de las inversiones en combustibles fósiles (petróleo y gas) y las inversiones de energía eléctrica. Si bien las primeras históricamente han tenido mayores retornos, costos de capital y volatilidad, las inversiones en energía eléctrica son muy elegidas por los inversores institucionales por tener menor volatilidad y costo de financiamiento.

Según Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF (2019), los desarrolladores de proyectos utilizan dos formas para canalizar las inversiones: A través de compras de activo fijo registradas en los estados financieros, financiadas con capital propio o deudas bancarias; y *Project Finance* que permiten un nivel de endeudamiento mayor. En el caso de economías desarrolladas el mix de deuda alcanza entre el 60-80% y el resto capital.

En el 2018 los desarrollos a través de *Project Finance* representaron el 38% del monto invertido. El resto se realizó a través de compras de activo fijo tradicional en las compañías.

Es importante tener en cuenta al momento de financiar los proyectos, según el informe, que los montos de inversión tienen una gran variación según el tipo de proyecto. Los tres principales son: eólicos, off shore y on shore, y parques fotovoltaicos. Los proyectos de parques eólicos *offshore* requieren montos de inversión muy superiores comparativamente. El reporte destaca que el costo capital por megavatio es significativamente superior en los proyectos eólicos *offshore* en comparación. En contraste logran una producción muy superior a su capacidad potencial. En estos proyectos la producción puede alcanzar entre un 40-50% de su capacidad. En cambio, los parques *onshore* alcanzan entre un 20%-40% y los parques fotovoltaicos entre un 11-35% de su capacidad.

Al momento de obtener financiamiento para los proyectos, ya sea a través de capital o créditos bancarios, es importante para los desarrolladores demostrar que lograra retornos adecuados. Considerando que son inversiones de largo plazo y que dependen del precio de la electricidad, que de acuerdo con el informe es muy volátil y difícil de predecir, se vuelve necesario generar seguridad en el inversor para obtener tasas razonables de financiamiento. En la mayoría de los países durante las últimas décadas, la herramienta que se ha utilizado es el compromiso de compra por parte de los gobiernos a un precio fijo. De esta forma se genera predictibilidad en los flujos financieros y se obtienen tasas reducidas. Este mecanismo ha generado déficit en los gobiernos que se han visto obligados a reducir este tipo de contratos.

### **1.5.1 Decisiones estratégicas para la inversión en energías renovables**

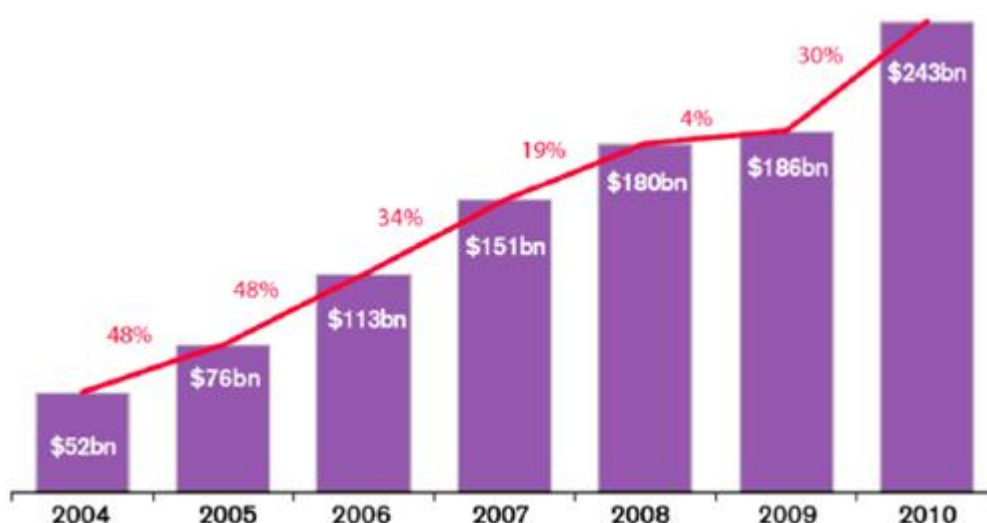
En los últimos años, tanto en los países emergentes como en países desarrollados, las inversiones en energía renovables han tenido un crecimiento constante. Según Wüstenhagen & Menichetti (2012), en aquellos países con una política activa en materia de energías renovables, tanto la energía eólica como solar, han experimentado un crecimiento significativo. En Alemania, por ejemplo, entre 1990 y 2010 el suministro de energía de fuentes renovables pasó de un 3,1% a un 16,8%. Por su parte China ha experimentado un fuerte crecimiento doméstico en el sector de la energía eólica, convirtiéndose en 2011 en el líder a nivel mundial en este tipo de energía. Por otro lado, en 2010 las inversiones en energía solar fotovoltaica han experimentado un significativo aumento, principalmente por las inversiones realizadas en China y Alemania.

Según Wüstenhagen & Menichetti, (2012), los avances tecnológicos y la reducción de costos han sido uno de los principales factores impulsores de este incremento a nivel mundial. Solo en el año 2009, el costo de los módulos solares fotovoltaicos ha disminuido un 30%. Según los autores, las principales fuentes de inversión han dejado de ser los gobiernos, para pasar a hacer las empresas privadas. Este cambio se debe principalmente al avance de la tecnología y el descenso de los costos; y a que se ha creado una nueva oportunidad de mercado.

Si bien en valores absolutos, la inversión en energía solar fotovoltaica no ha alcanzado los niveles de la energía eólica, sí está experimentando un crecimiento sumamente acelerado en los últimos 10 años, multiplicándose por 14 los niveles de inversión.

Se puede apreciar en la figura 15 los niveles de inversión anual a nivel global de las energías renovables desde 2004 a 2010.

FIGURA 15 - CRECIMIENTO DEL NIVEL DE INVERSIONES EN ENERGÍAS RENOVABLES 2004-2010



Fuente: Wüstenhagen & Menichetti, (2012)

Wüstenhagen & Menichetti, (2012) afirman que es esperable que las inversiones en energía renovable sigan aumentando a futuro, y afirman que debe existir un vínculo entre las ellas y las políticas energéticas.

Principalmente mencionan dos instrumentos de política energética:

- *“Feed-in tariffs”*: que básicamente consiste en precios fijos pre acordados que se les pagará a los productores por la generación e inyección en la red de energía de fuentes renovables. El pago de este precio es acordado por un cierto período de tiempo, que generalmente se relaciona con el proyecto de energía renovable correspondiente.
- *“Green certificate system”*: que consiste en un commodity que prueba que cierta energía fue generada utilizando fuentes renovables. Estos

“*green certificates*” pueden ser comercializados de forma separada de la energía producida. La compra de estos certificados no modifica la energía eléctrica que recibe el comprador. Esta sigue siendo provista por la misma compañía, lo que hace es generar que el productor de la energía de fuente renovable inyecte en la red la cantidad de energía establecida en el certificado.

Wüstenhagen & Menichetti (2012), afirman que los “*Feed-in tariffs*” han generado mayores niveles de inversión en energías renovables. Asimismo, entienden que en las decisiones de inversiones en energías renovables se deben considerar algunos aspectos adicionales. Son una función de riesgo, retorno y políticas energéticas. O sea, el modelo básico de inversión es una función del riesgo y retorno, de forma que el inversor preferirá, dado un retorno esperado, aquella inversión que implique un menor riesgo, o aquella inversión que ofrezca un retorno mayor para un mismo nivel de riesgo asociado. Al momento de evaluar inversiones en energía renovables, pueden considerar que las externalidades asociadas a este tipo de energías pueden implicar mayores incertidumbres, y por consiguiente, desestímulo su inversión. Por este motivo es que se agrega como una variable explicativa adicional las políticas energéticas, que pueden neutralizar el efecto de las externalidades asociadas a los distintos tipos de energía. Un ejemplo de estas políticas energéticas puede ser los ya nombrados “*Feed-in Tariffs*”.

Los inversores pueden buscar disminuir el riesgo mediante la diversificación. Pueden considerar como una opción al invertir en energías renovables, diversificar el riesgo invirtiendo en energías complementarias, como puede ser la solar y la eólica. Los autores entienden, por ejemplo, que algunos inversores aún visualizan el riesgo del costo adicional por kilovatio, en lugar de valorar la reducción del riesgo por la variabilidad del precio del petróleo.

También juega su rol la percepción del riesgo y la racionalidad acotada. Este concepto se basa en que no todos los inversores cuentan con la misma información antes de hacer una inversión en energías renovables, y de la importancia en que las políticas energéticas sean estables y sigan objetivos claros.

Por último, según Wüstenhagen & Menichetti (2012) se debe considerar también la dependencia de la trayectoria o experiencias pasadas. Los eventos pasados tienen un impacto en las decisiones del presente, por lo que aquellos que desarrollan políticas energéticas deben prestar especial atención a los hechos del pasado.

En cuanto a la determinación del costo promedio de capital en una inversión en energía renovable, según Sadorsky (2012) quien testeó su modelo en una muestra de 52 empresas, afirma que los determinantes del riesgo sistemático (beta), para compañías de energías renovables, se explican principalmente a través de dos variables: el crecimiento de ventas y el aumento del precio del petróleo. Sostiene que otras variables como relación deuda/capital, tamaño de la firma, gastos de investigación y desarrollo, no tienen el impacto que las dos primeras variables tiene sobre el Beta. El autor afirma que, ante un aumento del precio del petróleo, provoca un aumento del riesgo, y que un aumento del crecimiento de las ventas genera una disminución del riesgo en las empresas de energías renovables.

Finalmente, concluye que, dada la imposibilidad de manejar el precio del petróleo, los gobiernos deben mitigar el riesgo de las inversiones en energías renovables de forma directa, garantizando una demanda mediante la compra de energía renovable, y de forma indirecta a través de la promoción del aumento de las ventas mediante políticas energéticas como *"Feeds-in tariffs"*.

### **1.5.2 El riesgo político en la valuación de las inversiones en energía renovable en países emergentes.**

Shimbar & Ebrahimi (2020) estudian la particular situación que implica la inversión en energías renovables en países emergentes y la consideración del riesgo político como una variable adicional en el análisis de inversiones.

Afirman que la transición energética está viviendo un momento de fuerte impulso provocado principalmente por la disminución de los costos de las energías renovables, y lo establecido en el acuerdo de París en 2015, que entre otras cosas apunta a mantener o reducir la temperatura global, aumentar

la capacidad de adaptación y elevar los flujos financieros relacionados con las inversiones en energías renovables.

Este acuerdo juega un papel fundamental en la estimulación de las inversiones en energías renovables en países emergentes, en donde la demanda de energía y el riesgo de activos obsoletos están creciendo.

De acuerdo con IRENA (2019), Medio Este y África contribuyeron solamente con un 3% de la capacidad instalada total de energía eléctrica en 2017. La agencia afirma que en orden de mantener el objetivo del acuerdo de París de 2°C, una gran proporción de las actuales reservas de combustibles fósiles deben permanecer sin utilizarse, lo que implica que las estructuras utilizadas para su explotación se convertirán en activos obsoletos en el futuro.

Dado que la mayoría de los países en desarrollo tiene problemas para financiar inversiones en energías renovables, las inversiones extranjeras pasan a jugar un papel sumamente importante en la viabilidad de estas inversiones. IRENA (2019), afirma que lamentablemente el método tradicional de evaluación de inversiones basado en la tasa de descuento ajustada al riesgo parece ser ineficiente para mostrar el verdadero potencial de las inversiones en países en desarrollo. Esto se debe principalmente a que el método clásico tiene dificultades para estimar el riesgo país, generando flujos demasiado conservadores, lo que hace que muchas de las potenciales inversiones a largo plazo en países en desarrollo dejen de ser atractivas para los inversores.

Tratando de superar estas dificultades, se estudia un “método híbrido” intentando evaluar el riesgo de las inversiones en países con alto riesgo político. Para eso, evalúan el caso particular de Irán debido a que es un país que tiene alto riesgo político, a que es uno de los principales exportadores de petróleo y gas, y a que en territorio iraní existe un alto potencial en energías renovables.

Este método híbrido se basa en el término valor presente neto desacoplado basado en la fijación de precios de riesgo, el cual puede reflejarse en flujos de fondos, evitando de esa forma los problemas de la tasa tradicional de descuento ajustada a riesgo, que requiere herramientas complementarias para

ser utilizada como método integral de valuación en el sector de energías renovables en países emergentes.

El riesgo político refiere a decisiones o acciones que toman los gobiernos, y que directa o indirectamente afectan las expectativas de retorno de las compañías internacionales en forma negativa. En la práctica se utiliza el spread soberano, como método para aproximar el riesgo político. IRENA (2019) afirma que esto tiene 2 problemas principales:

1. El spread soberano está afectado por varios factores, no solo el factor político.
2. Proyectar flujos de fondos de inversiones sin considerar el riesgo político, y luego incorporarlo a la valuación mediando un incremento de la tasa de retorno puede llevar a una sobreestimación del costo de capital.

Por otra parte, sostiene que el riesgo político puede afectar los flujos de fondos de los proyectos de inversión de tres diferentes formas:

1. Expropiación directa: Es el riesgo de que el gobierno expropie un activo que se encuentra a nombre de la empresa que evalúa la inversión. En el caso que esto ocurra, el inversor pierde los restantes flujos de fondos que el activo genera.

Para calcular esto, Shimbar & Ebrahimi (2020) afirman que:  $DERP = PV_t \times DE_{pt}$

En donde DERP (premio por el riesgo de expropiación directa), es el precio por el riesgo en el año t, PV son las ganancias restantes descontadas al período t, y DE<sub>p</sub> es la probabilidad de expropiación directa en el año t.

Este DERP será deducido como un costo en los flujos de fondos.

En cuanto al cálculo de la DE<sub>p</sub>, los autores afirman que este riesgo puede ser modelado con una distribución geométrica, porque una vez que ocurre el proyecto será abandonado. Esto implica que el evento no haya ocurrido en el año anterior.

Por este motivo, si  $p$  es la probabilidad de un evento de riesgo político, para cada año  $t$ , la probabilidad será la siguiente:  $DE_p = p (1-p)^{t-1}$

2. Expropiación progresiva: refiere a acciones que toma el gobierno, que, si bien no expropia el bien, exprime la inversión con regulaciones, royalties y aumento impositivo.

Los autores afirman que este riesgo sigue una distribución de Poisson dado que esa presión que ejerce el gobierno afectará una vez durante un intervalo de tiempo dentro de la vida del proyecto.

De esta forma, si  $\lambda = pt$ , donde  $p$  es la probabilidad de ocurrencia de un evento de riesgo político en cualquier momento del intervalo, y  $t$  el tiempo total de producción, la probabilidad de expropiación progresiva ( $CE_p$ ) es la siguiente:

$$CE_p = (\lambda^k e^{-\lambda})/k!$$

Donde  $k$  es un parámetro positivo que representa el número de veces que se espera que ocurra el fenómeno durante un intervalo dado.

3. Riesgo de default soberano: este riesgo puede ser causado por diferentes razones y provoca problemas al gobierno para financiar actividades. En estas situaciones de Default, una de las medidas a adoptar puede ser reducir a la mitad o incluso eliminar las *Feed-in Tariff* que habitualmente son fijadas al momento de promover proyectos de inversión en energías renovables.

En este caso, como se ve en la figura 16, Shimbar & Ebrahimi (2020) entienden que este riesgo puede ser modelado con un árbol de decisiones

FIGURA 16 - MODELO DE DEFAULT SOBERANO



Fuente: Shimbar & Ebrahimi (2020)

Finalmente, los autores analizan el caso particular de una inversión en energía solar en Irán, y llegan a la conclusión de que si bien, mediante el método tradicional la inversión no resulta atractiva para los inversores, si se aplica el método híbrido descrito en los párrafos precedentes, la inversión pasa a ser rentable.

Los autores afirman que, dado el nivel de irradiación, la disponibilidad de adquirir tierras a bajo costo, y la mano de obra relativamente barata, los países en desarrollo tienen un enorme potencial para ser explotado.

## 2 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

En base a lo expuesto en los puntos anteriores sobre la situación a nivel mundial de las energías renovables, en particular la solar fotovoltaica, y la situación en que la misma se encuentra en el Uruguay, se plantean las siguientes hipótesis:

- 1) Los beneficios fiscales en Uruguay son un determinante al momento de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica.
- 2) El impacto medioambiental es un determinante al momento de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay.
- 3) La Presión social es un determinante al momento de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay
- 4) El ahorro económico en el consumo de energía eléctrica es un determinante a la hora de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica.
- 5) La Agenda 2030 es un determinante a la hora de decidir invertir en energía solar fotovoltaica en Uruguay.
- 6) La posibilidad de inyectar energía a la red (*net metering*) es un determinante de la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay.
- 7) Actualmente la inversión en energía solar fotovoltaica es la menos costosa entre las fuentes de energía renovable para autogeneración
- 8) La estabilidad en la producción de energía es un determinante para la inversión en energía solar fotovoltaica.
- 9) La composición de la matriz de energía eléctrica, cubierta en casi su totalidad por renovables, desestimula el desarrollo de nuevos incentivos por parte del gobierno.

### 3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Metodología

Para elegir que método de investigación a utilizar deben considerarse tres condiciones según Yacuzzi (2005). El tipo de pregunta de investigación que se desea responder, el control que tiene el investigador sobre los acontecimientos que estudia y la edad del problema, o sea, si es un asunto contemporáneo o histórico.

El método del caso es particularmente válido cuando se presentan preguntas de tipo “cómo” y “por qué”, cuando el investigador tiene poco control sobre los acontecimientos y cuando el tema es contemporáneo. Las preguntas “cómo” y “por qué” son explicativas y son relevantes porque sus respuestas son las teorías que buscan ser verificadas empíricamente. Bruner (1960) explica que el método del caso, empleado adecuadamente, es una de las técnicas que favorece el aprendizaje por descubrimiento.

El estudio del método del caso se remonta a 1870 cuando Christopher Laudell lo introdujo en la *School of Law* de la Universidad de Harvard y según Enrique Yacuzzi (2005) tiene los siguientes pasos: diseño del estudio, realización del estudio, análisis y conclusiones. En el primer paso se establecen los objetivos del estudio y se elabora la estructura de la investigación. Esta puede tener distintos objetivos. Es importante determinar si será utilizada como guía de acción, para interpretar significados, como predicción o para generar teorías. El segundo paso consiste en la recolección de datos. Por último, se analiza la evidencia recabada para realizar conclusiones y/o recomendaciones.

Reynolds (1990:20) enumera cinco razones fundamentales que avalan la eficacia del método del caso:

1. Evaluando situaciones reales y aplicando conceptos son una mejor herramienta para mejorar las capacidades en el tema en estudio que aprender mediante ejemplos teóricos.
2. El aprendizaje a través de la práctica otorga al investigador una mejor preparación.

3. Estudiando la realidad se asimilan mejor las ideas y conceptos.
4. La interacción humana aumenta la eficacia en la investigación.
5. Los investigadores invierten mayor dedicación al hallar más atractivo el método de estudio.

Yin (1998) afirma que cuanto más se busque explicar circunstancias presentes, más relevante será el método de investigación del caso; que cuanto más se requiera una descripción en profundidad de un fenómeno social, más relevante será el método del caso.

Ryan (2004) define que existen los siguientes tipos de estudio de caso:

- Descriptivos que tiene por objetivo describir sistemas, procedimientos y técnicas.
- Ilustrativos: pretenden describir nuevas prácticas innovadoras.
- Experimentales: evalúa los beneficios y desventajas en caso de implementar nuevas propuestas.
- Exploratorios: analiza las razones y motivos de aplicar determinadas prácticas.
- Explicativos: intenta responder preguntas “como” y “por qué”

Por todas estas razones, se considera que el método del caso de estudio es el más conveniente para la presente investigación, y que se basará en los tipos exploratorio y explicativo.

Por otro lado, al momento de seleccionar la técnica de investigación más adecuada se decidió por la entrevista.

Se abordó únicamente mediante esta técnica, debido a que no existe masa crítica que permita realizar encuestas para obtener resultados válidos. Por otro lado, se consideró más apropiado para una investigación de tipo cualitativa, analizar experiencias interactuando con los distintos actores que se consideraron oportunos para el tema en estudio. La diferenciación entre los actores seleccionados hace que la técnica de la entrevista sea la más eficaz para obtener información relevante.

Según López (2011), la entrevista es una técnica de investigación científica que utiliza comunicación verbal para recoger información sobre un tema determinado. En este caso, se utilizó la entrevista de preguntas abiertas, en la que las preguntas son redactadas previamente. El entrevistado tiene la libertad de expresarse en su respuesta, pero siempre dentro del marco de la pregunta hecha. Por otro lado, McCracken, G. (1991) afirma que el primer paso consiste en construir una serie de preguntas biográficas, conocer del entrevistado. En segunda instancia se formulan las preguntas propias de la investigación. Para que la entrevista aporte información cualitativa, según el autor es importante que las preguntas permitan al entrevistado contar su propia historia. Por eso se deben realizar preguntas genéricas. Para esta investigación se optó por enviar previo a la entrevista, un formulario para que sirviera a modo de guía, pero se le dio la libertad al entrevistado para abordar la temática de la forma que creyera más pertinente.

Díaz (2013) afirma que las principales ventajas de la entrevista son:

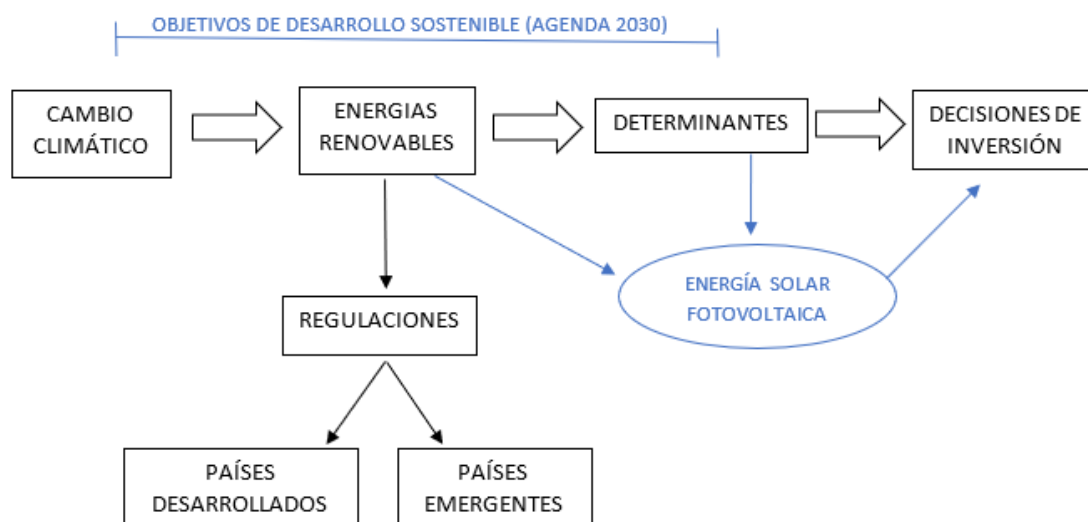
- Es posible averiguar hechos no observables, como pueden ser: significados, razones, puntos de vista, opiniones etc.;
- No hay limitaciones en tiempo ni espacio, ya que se puede preguntar sobre hechos del pasado, así como planificaciones a futuro;
- Otorga la posibilidad de centrar el tema, enfocando la misma a un objetivo determinado.
- Observaciones propias y ajenas, porque permite obtener información relativa a opiniones, motivos del entrevistado y de otras personas.

### **3.2 Fuente de datos**

Según McCracken, G. (1991), el primer paso para obtener información cualitativa en una investigación es realizar una exhaustiva revisión bibliográfica. Recopilar literatura relevante tiene muchas virtudes obvias. Permite al investigador definir el problema, obtener datos y agudizar los sentidos para definir los temas relevantes y saber luego, al momento de las entrevistas, cómo dirigir el cuestionario.

Previo a sumergirse en la investigación se diseñó un plan de acción tal como muestra la figura 17. En este se plantea el camino a recorrer y se resaltan los tópicos que se consideran claves para el aprendizaje del tema en cuestión.

FIGURA 17 – PLAN DE ACCIÓN



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, para comenzar con la revisión bibliográfica, se recopiló información acerca del cambio climático y el impacto de la emisión de gases de efecto invernadero. Para esto, se consultaron sitios web de acceso masivo con información pertinente y distintos trabajos de investigación acerca del tema.

Seguidamente, se investigó acerca de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Analizando diferentes informes de la Organización de las Naciones Unidas se estudiaron los distintos avances que llevaron a conformar la Agenda 2030.

Para terminar de formar una base teórica que permita incrementar las competencias en el tema en estudio, también mediante recopilación de información en sitios web de acceso masivo y consultando revistas científicas, se hizo un análisis sobre las distintas fuentes de energía renovables y no renovables.

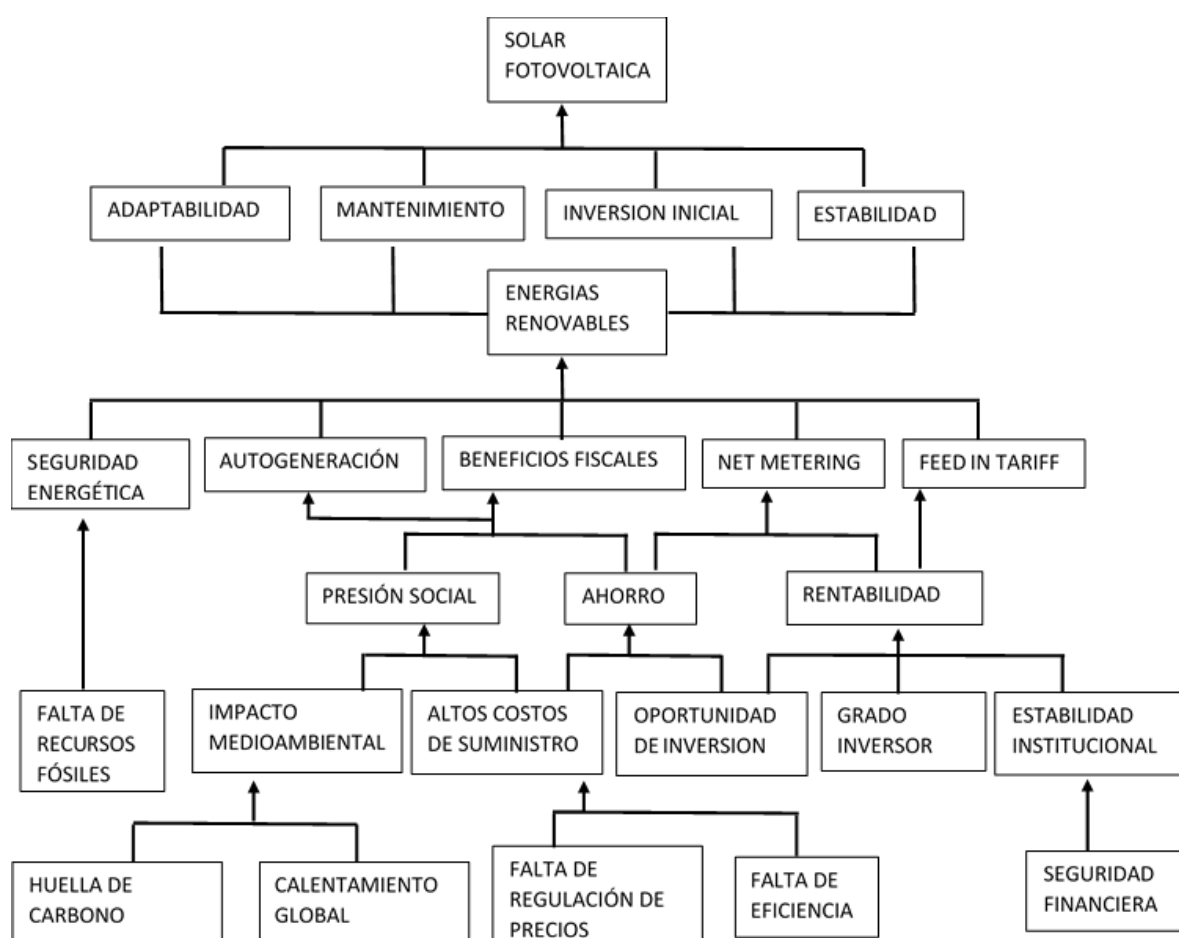
Un segundo paso consistió en estudiar casos exitosos de países que hayan implementado regulación en energías renovables. Se puso foco en dos casos

de países desarrollados (España y Portugal), para estudiar cómo han instrumentado las políticas para fomentar la descarbonización de la matriz, utilizando informes que analizan la normativa aplicada en los mencionados países. También se estudió la situación de la región, investigando trabajos sobre Argentina y Brasil.

Finalmente, se analizó la situación de la matriz energética en Uruguay, se realizó revisión sobre la normativa fiscal asociada y su evolución a largo del tiempo, teniendo como apoyo también informes elaborados por el gobierno uruguayo.

Como resultado de la recopilación de información obtenida en la revisión bibliográfica, se construyó un diagrama, que muestra las variables y los factores que llevan a considerar a la energía solar fotovoltaica como la mejor opción entre las fuentes de energía, tal como se ve en la figura 18.

FIGURA 18 – DIAGRAMA: VARIABLES Y FACTORES DETERMINANTES



Fuente: Elaboración propia

En el diagrama se destacan las distintas causas que generaron un problema disparador, cuyos efectos llevaron al desarrollo de las energías renovables.

Entre las causas se destacan la falta de recursos fósiles, situación que enfrentan ciertos países al no tener yacimientos petroleros. Esto los coloca en situación de dependencia del mercado internacional y son tomadores de precios. Se enfrentan a un problema de seguridad energética, y pueden encontrar en las energías renovables la solución, según Nieto Morote y Ruiz Vila (2016).

La huella de carbono y el calentamiento global son causantes de un impacto ambiental que cada vez toma más importancia en las masas sociales. Según Strantzali, E., & Aravossis K. (2015), la presión social creciente conduce a que los gobiernos tomen medidas para facilitar el desarrollo de proyectos sustentables y habiliten a la población a la autogeneración.

Otra causa importante según lo recabado en la revisión bibliográfica es la falta de regulación de precios por parte del organismo regulador y la falta de eficiencia de los productores, que comúnmente son empresas que gozan de monopolios naturales. Estas causas llevan a altos costos en el suministro de energía, desatando una presión social en busca de soluciones. Las energías renovables son una respuesta a esto, mediante la posibilidad de la autogeneración, gracias a los beneficios fiscales y gracias al ahorro conseguido mediante el sistema de "*Net Metering*".

Por otro lado están quienes procuran donde realizar sus inversiones. En busca de la seguridad financiera, encuentran respuestas en países cuya estabilidad institucional y/o la calificación de grado inversor, resulta atractivo para realizar una inversión rentable, haciendo uso tanto del sistema "*Net Metering*" como el "*Feed In Tariff*", según Shimbar & Ebrahimi (2020).

Una vez estudiado los caminos que llevan a elegir a las energías renovables, se presentan los determinantes que se entiende conducen a la energía solar fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es la que presenta mayor adaptabilidad entre las fuentes de energía renovable. Los paneles solares pueden ser instalados casi en cualquier lugar que se desee. Comparando con la energía eólica o hidráulica por ejemplo, se requieren obras de mayor envergadura y se necesitan cumplir varias condiciones a la vez para que una localidad sea la adecuada, según Del Sol & Cabrera (2008). Por otro lado, la biomasa necesita de materia prima para producirse. Es de más simple acceso en establecimientos rurales, pero se dificulta su producción en ciudades.

Además, el autor sostiene que no se requieren ni grandes cantidades de dinero, ni de tiempo para realizar mantenimiento a los paneles solares fotovoltaicos. Las plantas de producción de energía eólica e hidráulica por ejemplo están compuestas por varias partes móviles que sufren desgaste y llevan un mantenimiento más costoso.

La inversión inicial para producir energía solar fotovoltaica es sensiblemente menor que otras fuentes de obtención de energía renovable. La principal razón es que los paneles son mayormente producidos en China, basándose en economías de escala, llevando los precios a la baja.

Por último, si bien las energías renovables tienen la desventaja de ser volátiles respecto a las fuentes tradicionales de obtención de energía, la energía solar fotovoltaica es la más estable y predecible de todas. Es fácil saber casi con exactitud cuánta energía se generará al instalar un panel solar en determinada zona, de acuerdo con el informe de Uruguay XXI (2017).

El trabajo de campo posterior consistirá en entender, que de lo investigado y desarrollado en el diagrama de la figura 18 aplica en Uruguay.

Luego de conformar el marco teórico de estudio, se realizaron entrevistas a distintos actores del mercado:

- SES Latam, empresa instaladora de proyectos micro y medianos (cap. 4.1),
- SEG Ingeniería, empresa instaladora de proyectos de gran escala (cap. 4.2),

- El Aeropuerto Internacional de Carrasco, como inversor privado (cap. 4.3),
- El Ministerio de Industria Energía y Minería como ente regulador (cap. 4.4).

En la figura 19 se observa el detalle de las entrevistas realizadas.

FIGURA 19 - RESUMEN DE ENTREVISTAS REALIZADAS

Institución	Detalle	Contacto	Fecha de la entrevista
SEG Ingeniería	Empresa Instaladora - Proyectos gran escala	Ing. Fernando Schaich - Socio fundador	29 de mayo de 2020
Ses Latam	Empresa instaladora - Proyectos microgeneración	Guillermo Fera - Director de Proyecto	2 de junio de 2020
Aeropuerto Internacional de Carrasco	Empresa Privada - Inversor	Ing. Jorge Navarro - Gerente de Mantenimiento infraestructura	8 de junio de 2020
Ministerio de Industria Energía y Minería	Organismo regulador	Ing. Martín Scarone - Asesor Área Energías Renovables	3 de julio de 2020

Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Estructura de las entrevistas

Con el objetivo de dar respuesta a las hipótesis planteadas en el punto 2, se estructuraron las entrevistas en los siguientes capítulos temáticos:

- Capítulo 1: Introducción de la organización y el mercado.
- Capítulo 2: Determinantes que inciden en el mercado de la energía solar fotovoltaica.
- Capítulo 3: Información relevante acerca de proyectos ya realizados
- Capítulo 4: Opinión del entrevistado respecto a los temas tratados.

## **4 RESULTADOS**

### **4.1 SES Latam**

El primer entrevistado es Guillermo Feria, Director de Proyectos de SES LATAM, empresa uruguaya constituida en 2013, dedicada principalmente a la implementación de proyectos de energía solar fotovoltaica en el tramo de micro generación. Adicionalmente, la empresa ha realizados algunos proyectos en energía solar térmica e iluminación led.

Capítulo 1 – Información de la organización y el mercado.

La empresa trabaja principalmente en el tramo de micro generación, y se caracteriza por la implementación de proyectos “llave en mano” que abarca todo el proceso, desde la importación de los materiales, preparación del proyecto ejecutivo, análisis de los beneficios fiscales aplicables, hasta la presentación y seguimiento del proyecto, además de poner en contacto al cliente con empresas aseguradoras, firmas instaladoras, etc.

En este capítulo cabe destacar que, al consultarle al entrevistado respecto a la evolución de la demanda en proyectos de energía solar fotovoltaica, reconoce un crecimiento de mercado. Plantea que cuando comenzaron actividades las empresas no se planteaban la autogeneración de energía, pero que en la actualidad hay más información y un consecuente aumento de la demanda.

Capítulo 2 -Determinantes de las inversiones

Al preguntarle al entrevistado sobre los principales factores que considera determinantes para invertir en energías renovables, plantea que si bien el ahorro de costos y los beneficios fiscales asociados a este tipo de inversiones son los principales factores determinantes, cada vez más el impacto medioambiental está tomando importancia. El software que brinda SES Latam junto con la instalación de los paneles permiten monitorear el impacto medioambiental del proyecto.

Feria considera que las empresas que eligen la energía solar fotovoltaica entre las distintas fuentes de energía renovable lo hacen debido a que es una fuente de energía muy predecible, ya que se puede saber con anterioridad la energía que se producirá con los paneles instalados, a diferencia de, por ejemplo, la energía eólica que varía mucho entre días. Además, el mantenimiento de las instalaciones es más sencillo y poco costoso.

En cuanto a los beneficios fiscales, afirma que sin duda son una ventaja, pero que la resolución N° 42/17 del MIEM que establece que la cantidad de energía que se puede volcar a la red no puede ser mayor que el consumo anual, provocó una disminución en la demanda de proyectos de este tipo.

### Capítulo 3 - Información general de las inversiones

La empresa se dedica principalmente a proyectos de micro generación. Son obras que van de los US\$ 50.000 a los US\$ 200.000, cuyo plazo de instalación ronda entre una semana y 45 días aproximadamente. Respecto a la financiación de los proyectos, el entrevistado afirma que la mayoría lo realizan con capital propio.

Indica que la cantidad de proyectos fue en aumento hasta mediados de 2018, año en que se aprobó el decreto 143/018 que restringe algunos de los beneficios fiscales de la ley de inversión. En SES Latam esperan que con la reciente aprobación del decreto 151/020, la demanda de proyectos vuelva a incrementarse, debido a que aumenta los beneficios para empresas con proyectos de inversión que incorporen innovación, eficiencia en uso de los recursos y tecnologías limpias entre otras cosas.

Por último, vale destacar que SES Latam como empresa instaladora no encuentra limitantes en los factores climáticos para instalar proyectos de energía solar fotovoltaica. Destacan que la diferencia de incidencia solar entre el Norte y el Sur no son significativas en Uruguay.

## Capítulo 4 – Discusión final

El entrevistado afirma que las principales ventajas de invertir en energía solar fotovoltaica en Uruguay son los beneficios fiscales que se obtienen, y la posibilidad de vender el excedente a UTE.

Como desventajas, considera que existen empresas que tienen tarifa contratada con UTE muy baja, o que no pueden aplicar a los beneficios fiscales, lo que vuelve al período de repago de la inversión muy largo, volviéndola poco atractiva.

Respecto a los avances tecnológicos, considera que en los próximos 5 a 10 años se continúen utilizando las celdas de silicio para confeccionar los paneles solares, ya que son cada vez más eficientes, permitiendo generar más energía con la misma superficie.

En última instancia se le preguntó si consideraba adecuadas las políticas para fomentar las inversiones en energía renovable. El entrevistado entiende que sí, que favorecen más a las pymes que a grandes empresas (decreto 151/020), y que no considera que la agenda 2030 haya tenido influencia en la evolución de la demanda del mercado.

### **4.2 SEG Ingeniería**

Se entrevistó al Ingeniero Fernando Schaich, socio fundador de SEG Ingeniería.

Fundada en 1996, es una empresa instaladora con presencia en Brasil, Chile, Argentina, Perú, México, Uruguay y Colombia.

## Capítulo 1 – Información de la organización y el mercado

El Ingeniero Schaich, indica en primer lugar que la empresa tiene 4 líneas de negocios:

- a) Eficiencia energética, que comprende una auditoría energética, buscando oportunidades de mejora. Luego si el cliente acepta la propuesta, SEG Ingeniería realiza las inversiones necesarias. A cambio,

los ahorros energéticos logrados son compartidos por un período de tiempo determinado.

- b) Desde el 2008 cuentan con un departamento de energías renovables, enfocado particularmente en energía eólica y solar pero también pensado para el desarrollo de biomasa y pequeñas centrales hidroeléctricas. Este servicio consiste en desarrollar el proyecto desde cero. Se crea una empresa que compra el terreno, se diseña el parque y luego esa empresa es vendida con el proyecto aprobado, previo a la construcción. Destaca cuatro factores determinantes a la hora de elegir el lugar adecuado: que haya conexión; buen recurso natural; que no haya problemas medioambientales; y que haya buena logística. Actualmente cuentan con 170 MW de energía eólica instalada y 74 MW de energía solar en Uruguay.
- c) Sector de electro movilidad, enfocado en el desarrollo y preparación de vehículos eléctricos.
- d) Por último, realizan servicios de consultoría, aprovechando los conocimientos adquiridos en las otras tres líneas de negocio.

La empresa está enfocada en proyectos de gran porte tanto para eólica como solar fotovoltaica pero también realiza asesoramiento en la construcción de proyectos de mediano porte amparados en los beneficios de la Ley de Inversiones canalizados por la COMAP.

En Uruguay, entre el 8 y el 10% de la energía eléctrica que se consume proviene de parques eólicos y solares que desarrolló SEG Ingeniería.

El entrevistado explica que si bien hace 10 años comenzaron trabajando en proyectos de gran escala en Uruguay, llegaron al punto en que el mercado se saturó, por lo que comenzaron a desarrollar parques solares y eólicos en México, Colombia, Argentina, Chile, Brasil, y actualmente Perú. Afirma que la demanda de parques solares de gran escala en Uruguay es muy baja.

## Capítulo 2 - Determinantes de las inversiones

En el caso de los proyectos de gran porte el ingeniero menciona cuales son los determinantes analizados para comenzar a desarrollar un parque solar.

Primero se comienza buscando la disponibilidad de conexión a la red eléctrica, debe haber cercanía debido a que los costos para conectarse corren por cuenta del desarrollador y la inversión ronda en los 300 mil dólares por kilómetro. Luego se analiza la disponibilidad del recurso natural. En el caso de la energía solar se estudia irradiancia anual a través de bases de datos especializadas en medición de la radiación solar. Una tercera etapa está enfocada en las limitaciones medioambientales, reguladas por la DINAMA en Uruguay, con el objetivo de no afectar ninguna reserva natural. Por último, se estudia los costos logísticos de desarrollar el proyecto.

Respecto a los beneficios fiscales, primero destaca la exoneración de arancel e IVA que tiene la importación de paneles solares. Aparte señala que los beneficios de la COMAP pueden tener distinto impacto según el tipo de proyecto. Si solamente se realiza un parque solar, el único beneficio está en las utilidades obtenidas del proyecto. Pero si una empresa funcionando acompaña, por ejemplo, una reforma edilicia con una inversión en un proyecto de energía renovable, la exoneración en la inversión del proyecto puede llegar al 80%.

### Capítulo 3 - Información general de las inversiones

La rentabilidad estimada de los parques desarrollados oscila entre el 7-10% en dólares en Uruguay. La tendencia es que estos guarismos se reduzcan con el tiempo.

El entrevistado aporta valiosa información respecto a la descomposición de los costos de un parque de energía solar fotovoltaica. Sostiene que cuestan 700.000 USD por megavatio. 230.000 USD corresponden a los módulos solares, repartiéndose el resto del total entre estructura, cables, *inverters* (transforman la energía de alterna a continua), transformadores, subestación y obra civil.

La financiación de las obras se hace a tasas bajas, y con plazos que pueden ir hasta 12 años. Un parque de 50 megavatios puede llevar 10 meses de obra aproximadamente y el costo de mantenimiento ronda en los 8 USD por kilovatio por año. Señala también, que al diseñar un parque se hace un flujo de fondos

de 25 años en el que determinan la TIR del proyecto. Si bien depende mucho de la irradiancia y los beneficios fiscales, en Uruguay el repago ronda entre los 9 y 12 años (dependiendo del tamaño del proyecto también).

Por último, en cuanto a las diferencias de generación de energía mediante paneles en Uruguay, se aprecia una diferencia importante entre el verano y el invierno, y entre la noche y el día, pero por zona geográfica no hay diferencias significativas en cuanto a la irradiancia.

#### Capítulo 4 – Discusión final

Reflexionando sobre las ventajas de invertir en energía solar en Uruguay indica que principalmente son: la reducción del impacto ambiental invirtiendo en una energía renovable que es apostar al futuro, cuya inversión requiere un mantenimiento muy bajo y con una rentabilidad predecible.

En cuanto al impacto de la agenda 2030 en las decisiones de inversión en energías renovables, entiende que, si bien debería impactar, la mayor incidencia de los ODS en Uruguay estará en los temas relativos a la lucha contra la pobreza.

Por último, considera que en el balance del sistema uruguayo los incentivos son adecuados y que la limitante viene dada por la demanda, la cual ya está cubierta en casi el 100% por fuentes renovables, no quedando espacio para nuevos grandes desarrollos. Considera que la mayor oportunidad se encuentra en las inversiones en electro movilidad dado que la matriz primaria de generación de energía está cubierta en un 60% aproximadamente por energías renovables. El 40% restante corresponde a combustibles fósiles, principalmente en base a petróleo.

Entiende que, en este sentido, una medida que podría ser efectiva es exonerar de IVA las compras de vehículos eléctricos realizadas por consumidores finales.

### **4.3 Aeropuerto Internacional de Carrasco (Puerta del Sur S.A.)**

Para contribuir a la investigación era importante contar con la experiencia de algún privado que haya invertido en energía solar fotovoltaica. Por este motivo se entrevista al Ingeniero Jorge Navarro, Gerente de Mantenimiento e Infraestructura del Aeropuerto Internacional de Carrasco, quien comprende dentro de su área de gestión un departamento de Medioambiente y Seguridad Laboral.

#### Capítulo 1 – Información de la organización

En la primera parte se destaca que existe una organización que agrupa a los participantes del sector de aviación (aeropuertos y aerolíneas), que depende de la Organización de las Naciones Unidas, y que tiene por lo tanto foco en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Este organismo invitó a sus asociados a poner foco en reducir la huella de carbono, debido a que ha evaluado que para el 2030 se van a duplicar la cantidad de pasajeros en el mundo con su consecuente impacto ambiental. Se puede considerar este el punto de partida para los proyectos sostenibles desarrollados por el Aeropuerto Internacional de Carrasco.

#### Capítulo 2 -Determinantes de las inversiones

Consultado sobre cuáles fueron los determinantes a la hora de realizar la inversión, indica que, de no existir beneficios fiscales, no habrían podido realizar ninguno de sus proyectos con foco en reducir la huella de carbono. Como gerente del área tuvo que justificar el proyecto en energía solar fotovoltaica. No solo dando prueba de la contribución a reducir el impacto ambiental generado por la empresa, sino que también demostrando el ahorro que generaría.

El proyecto realizado por el aeropuerto con foco a reducir la huella de carbono abarca más que la instalación de la planta de energía solar fotovoltaica. Realizaron un ambicioso proyecto que tenía cuatro pilares:

1. Eliminar el uso de combustibles fósiles para calefacción. Para eso se instalaron bombas de calor para sustituir el gas natural que se utilizaba en las calderas para calefaccionar.
2. Optimizar el “*free cooling*”. El sistema se basa en, según la entalpia que pueda haber en el aire en cada momento, utilizar el frío o calor del exterior y redirigirlo al área en el que sea necesario.
3. Pasaje a Led en toda la luminaria del AIC
4. La instalación de generación propia mediante paneles solares fotovoltaicos.

En cuanto a la elección de energía solar fotovoltaica en lugar de otra fuente renovable de energía, indica que el AIC tiene casi 800 Has de superficie plana, sin sombra u obstáculos, con control policial y cerco perimetral, ideal para la instalación de los paneles. A demás señala que el aeropuerto tiene la gran ventaja de que su consumo de energía es plano durante el año y respecto al día. Tiene un consumo base de 2 megavatios/hora durante el día, y en todas las estaciones.

### Capítulo 3 - Información general de las inversiones

La inversión fue realizada en 2017, tuvo un costo aproximado de 800.000 USD y su instalación llevó cerca de cinco meses. No hizo falta financiación de terceros y la inversión inicial representó un 45% del total de la obra. Tiene una potencia instalada de 400 kilovatios/hora, que representa un 4% del total de la energía consumida por el aeropuerto. Tiene una vida útil de 25 años y el costo de mantenimiento de los paneles es de 12.000 USD por año. El mantenimiento se realiza 2 veces por año, y consiste en el lavado de los paneles con cepillos con agua y jabón, así como una termografía anual de todos los paneles.

Un punto relevante de la tercera parte de la entrevista fue que el entrevistado reveló que el proyecto inicial del aeropuerto era para realizar una planta de 10 megavatios/hora. Pero el decreto publicado por el gobierno el año 2014, permitía a medianos consumidores la autogeneración de energía eléctrica pero no la inyección de excedentes a la red eléctrica. Entonces modificaron el proyecto a una planta de dos megavatios, pero nuevamente encontraron

resistencia, esta vez de UTE, empresa pública encargada del suministro de energía en Uruguay. UTE no permitía que el aeropuerto conectase a la red eléctrica semejante potencia, si no realizaban una nueva red de alimentación, cuyo valor no bajaba de 1.500.000 USD. Con esta planta pensaban cubrir el 10% del consumo anual de energía del aeropuerto. Finalmente, UTE limitó el proyecto al 10% de la potencia contratada (cuatro megavatios), quedando como resultado la planta solar de 400 kilovatios/hora que cubre el 4% de consumo eléctrico del aeropuerto.

#### Capítulo 4 – Discusión final

Respecto a las ventajas de la energía solar fotovoltaica el entrevistado destacó que era la más apta para instalar en el predio del aeropuerto, más económica y constante. Destaca lo parejo que es la incidencia solar en Uruguay a lo largo del año, que permite conocer de antemano, casi con exactitud la potencia que va a suministrar un panel solar. Como desventaja destacó las trabas que existen principalmente para medianos consumidores.

Entiende que el Uruguay fomenta la inversión en energías renovables, pero considera que podrías estimularse aún más.

Afirma que la energía solar fotovoltaica es una inversión viable para empresas de diferentes tamaños, ya que en el caso de tener menor dimensión pueden calificar en la modalidad “micro generación con Inyección”

Como conclusión, plantea que el AIC se encuentra satisfecho con los resultados obtenidos desde el punto de vista ambiental, porque si bien la instalación de los paneles fotovoltaicos fue menor a lo deseado en un principio, eso es solo una parte de un proyecto que incluye varias medidas con el objetivo de reducir la huella de carbono.

#### **4.4 Ministerio de Industria Energía y Minería**

Se entrevistó al Ingeniero Martín Scarone, Asesor del Área de Energías Renovables de la Dirección Nacional de Energía del MIEM.

Para comenzar la entrevista se le consultó sobre el inicio del área de Energías Renovables del ministerio y cuál era su misión. Si bien desde 2006 se comenzó a trabajar fuertemente en el área de energías renovables, lanzando ya en 2007 el programa de energía eólica, el área se formalizó en el año 2008 con la aprobación de la política energética. La misión del área es desarrollar políticas que permitan aumentar la incorporación de energías renovables en Uruguay, tratando de diversificar la matriz energética. Las tres principales áreas del departamento son: eólica, solar y biomasa.

## Capítulo 1 – Información de la organización y el mercado

La principal característica del mercado de energías renovables es que la generación en Uruguay es libre, lo que ha generado un desarrollo del sector privado que han atendido a llamados realizados por UTE en el marco de decretos que ha emitido el MIEM.

Los actores del mercado son: el MIEM que es la institución que establece las políticas, UTE y Ancap, empresas públicas encargadas de ejecutar las políticas juntamente con empresas privadas. Además, existe un regulador que es la Unidad Reguladora de Servicios de Energía y Agua (URSEA), y en el caso del mercado eléctrico la Administración del Mercado Eléctrico (ADME)

Respecto al crecimiento del mercado, el entrevistado afirma que en los últimos años ha sido muy grande. Las instalaciones de energía solar térmica, por ejemplo, pasaron de 0,4m<sup>2</sup> cada 1000 habitantes en 2008 a 25 m<sup>2</sup> cada 1000 habitantes a fin de 2019, estando aproximadamente en el promedio a nivel mundial de acuerdo con el Informe Mundial de Energía Solar Térmica.

En cuanto a la energía solar fotovoltaica, se pasó de no tener instalaciones en 2007 a tener, a fines de 2019, 687 micro generadores con una potencia contratada de 22 megavatios. En plantas de gran escala hay 230 megavatios, y en plantas de autoconsumo sin inyección, 8 megavatios. En términos de generación, la energía solar fotovoltaica genera el 3% del total de energía eléctrica del Uruguay.

El Ingeniero Scarone afirma que la política energética del país fue anterior a que la Organización de las Naciones Unidas presentara la Agenda 2030, por lo que no implicó un cambio importante en el enfoque que Uruguay tiene sobre las energías renovables. Lo que sí se ha modificado son los reportes que el MIEM ha comenzado a realizar.

Si se analiza la matriz primaria, el 63% de la generación de energía en Uruguay es mediante fuentes renovables, posicionando muy bien al país respecto al 20% promedio que se tiene a nivel mundial. Del mismo modo, el nivel de accesibilidad es muy bueno, el 99,8% de la población en Uruguay tiene acceso a energía eléctrica.

En relación con el marco regulatorio, el entrevistado señala que se pueden dividir en tres tipos de instalaciones de energía solar fotovoltaica. La micro generación, donde cualquier usuario puede realizar autogeneración y se le permite inyectar excedentes a la red, con la reciente limitante de no generar más de lo que el usuario consume; el suscriptor con generación sin inyección, para empresas con instalación de media tensión y por último plantas de gran escala.

La inyección de energía eléctrica se hace mediante el sistema de *Net Metering*, donde se le paga al usuario lo mismo que la empresa eléctrica cobra, que inicialmente era sin restricciones, pero hoy se ajustó con un balance de energía a nivel anual.

Entiende que la ley de inversiones también ha evolucionado, ya que anteriormente se podía obtener beneficios por “producción más limpia” y por “sector”, y actualmente solo aplica la “producción más limpia”. Esto se modificó debido a que los precios de la energía solar fotovoltaica disminuyeron, por lo que correspondía reducir también los beneficios fiscales.

Por último, indica que los proyectos de más de 10 megas necesitan una autorización y posterior seguimiento de la Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), además de existir normativa municipal y de ordenamiento territorial que también hay que cumplir.

## Capítulo 2 -Determinantes de las inversiones

Al ser consultado sobre cuáles son los determinantes de la decisión de invertir en energía solar fotovoltaica en Uruguay, entiende que no hay presión social para hacerlo, debido a que la situación en energías renovables es muy buena.

Afirma que las principales razones son los beneficios fiscales, el ahorro de costos, y en el caso de las plantas de gran escala, el hecho de que Uruguay tenga grado inversor, lo que amplía el espectro de los posibles inversores.

En cuanto al porqué de la elección de inversión en energía solar fotovoltaica dentro de las energías renovables, el ingeniero afirma que hace 4 o 5 años, a gran escala la energía eólica era la más conveniente, y la fotovoltaica era la mejor opción en menor escala. Esto último debido a que la fotovoltaica es más predecible en cuanto a los niveles de generación. En la eólica importa mucho la micro localización, por lo que se requiere la instalación de instrumentos de medición en lugares específicos. Además, los molinos diseñados a menor escala no se han desarrollado profesionalmente, por lo que generan problemas. Actualmente, la solar fotovoltaica es la fuente de energía más barata en todos los rangos. Al margen de esto, cuando se modela el sistema eléctrico uruguayo, debe considerarse la complementariedad que la energía solar y eólica tienen, dado que el pico de generación de la solar se da al mediodía, y el de la eólica a la noche.

## Capítulo 4 – Discusión final

Como evaluación final, el entrevistado entiende que la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay es muy rentable y segura, y que si adicionalmente aplica la ley de promoción de inversiones es una opción muy buena. Resalta además que no implica mayores complicaciones en cuanto a su mantenimiento, por lo que permite que el inversor pueda mantener su concentración en su negocio.

Considera que la inversión en energía solar fotovoltaica es aplicable en empresas de todos los tamaños y sectores, ya que el mismo tipo panel que se instala en los parques de gran escala es el que se utiliza para la micro

generación. Remarca que para los suscriptores sin inyección existen más limitantes, y a mayor potencia contratada más requisitos se les plantea.

No obstante, afirma que el marco regulatorio vigente ha demostrado que las inversiones han evolucionado positivamente, y que quizás las empresas deberían tener más información para decidirse por este tipo de inversión.

La energía solar fotovoltaica es la fuente más barata para generar energía eléctrica, por lo que espera que ésta sea la que tenga una mayor expansión en el futuro.

## 5 CONCLUSIONES

El presente trabajo fue motivado por la creciente inquietud que existe sobre el impacto del cambio climático y la intención de conocer cómo se posicionaba Uruguay respecto a las nuevas prácticas que se estaban implementando para mitigarlo. Esto llevó a los estudiantes a poner foco en las energías renovables y se trazó como objetivo conocer que factores determinaban en Uruguay, el desarrollo de la energía solar fotovoltaica.

En la revisión bibliográfica, se comenzó estudiando acerca del impacto que el cambio climático tuvo hasta ahora, y se interiorizó en las consecuencias que, según expertos, se van a sufrir si el ser humano no cambia sus malas prácticas. Posteriormente se investigó acerca de los objetivos de desarrollo sostenible, y cuáles de ellos aplicaban al tema en investigación.

Después se puso foco en las fuentes de energía. Que diferenciaba las no renovables de las renovables, y que formas de obtener energía existen. También se estudió de la situación de Uruguay respecto a las energías renovables, sobre los beneficios fiscales existentes y los regímenes promocionales.

En una etapa final, se procuró conocer experiencias en energías renovables en otros países. Por un lado se investigó sobre España y Portugal, como ejemplo de países desarrollados y posteriormente, sobre Argentina y Brasil, como ejemplo de países subdesarrollados, situaciones más comparables con la de Uruguay. Además se recopiló información sobre cómo han ido avanzando inversiones en energías renovables en el mundo, en términos de dinero y de potencia instalada.

Luego de evaluar el marco teórico, analizar los posibles determinantes de la inversión en energía solar fotovoltaica y realizar entrevistas a actores relevantes del mercado se construye el cuadro que se observa en la figura 20 a modo de resumen de las evaluaciones que realizaron los mismos.

Determinantes:

1. Los beneficios fiscales en Uruguay son un determinante al momento de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica,
2. El impacto medioambiental es un determinante al momento de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay,
3. La presión social es un determinante al momento de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay,
4. El ahorro económico en el consumo de energía eléctrica es un determinante a la hora de decidir la inversión en energía solar fotovoltaica,
5. La Agenda 2030 es un determinante a la hora de decidir invertir en energía solar fotovoltaica en Uruguay,
6. La posibilidad de inyectar a la red (*net metering*) es un determinante de la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay,
7. Actualmente la inversión en energía solar fotovoltaica es la menos costosa entre las fuentes de energía renovable,
8. La estabilidad en la producción de energía es un determinante para la inversión en energía solar fotovoltaica en Uruguay,
9. Los altos costos del suministro energético en Uruguay son un determinante para la auto generación de energía.

FIGURA 20 – DETERMINANTES DE LA INVERSIÓN EN ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

	AIC	SEG	SES	MIEM	Promedio
1	4	4	4	4	4.00
2	3	2	3	3	2.75
3	2	1	1	2	1.50
4	4	2	3	3	3.00
5	3	2	2	2	2.25
6	1	4	2	3	2.50
7	4	4	4	4	4.00
8	3	4	4	3	3.50
9	4	4	4	3	3.75

Guarismo	Significado
1	Nada de acuerdo
2	Poco de acuerdo
3	Bastante acuerdo
4	Totalmente de acuerdo

Los puntajes fueron atribuidos según las respuestas recibidas por parte de los entrevistados.

Los dos determinantes que se consideran más importantes al momento de realizar este tipo de emprendimientos son: los beneficios fiscales que otorga Uruguay, canalizados principalmente a través de la COMAP; y la reducción de los costos asociados a estas inversiones que se ha dado en los últimos años. Ambos están vinculados debido a que los créditos fiscales obtenidos permiten reducir los costos.

Es importante realizar una precisión con respecto a las tendencias en el tiempo de estos dos factores. A través de los años con los diversos Decretos fueron modificando el régimen de promoción de inversiones y se ha ido reduciendo el incentivo. En su última modificación (Dto. 143/18) se quitó la posibilidad de computar doble las inversiones en energía solar. Antes las empresas podían generar puntos en la matriz a través del indicador sectorial y el de energías limpias. Dada la situación recesiva de la economía, el gobierno emitió el decreto 151/20 que amplía temporalmente los beneficios fiscales. Por otro lado, con respecto a los costos, la evolución de la tecnología y los logros obtenidos a través de las economías de escala (principalmente en China) han permitido reducir el costo de capital de estos proyectos y aumentar la eficiencia.

Los incentivos fiscales muestran una tendencia negativa, coherente con las políticas energéticas de un país que tiene cubierta, casi en su totalidad, la matriz energética con energías renovables.

La tendencia en la reducción de costos en los módulos indica que continuará a la baja en la medida que el mercado global de energías renovables continúa desarrollándose.

Luego, el tercer determinante evaluado en el ranking está vinculado a los altos costos del suministro de energía a través de la red y la opción de autogeneración para mitigarlos. Actualmente, UTE cobra a los usuarios una parte de los costos fijos de la red a través del consumo. Esto implica que los grandes consumidores terminan soportando una carga más pesada en sus costos. En Uruguay, las tarifas de energía eléctrica no son determinadas por un agente independiente que fije un precio con reglas de mercado. Esto puede

llevar a fijar precios desalineados con la estructura de costos de UTE. Por estos motivos, los entrevistados entendieron que uno de los principales determinantes al momento de invertir es la reducción de costos energéticos.

El cuarto factor que consideraron más influyente al momento de decidir por las instalaciones de paneles solares es la estabilidad en la producción de los paneles fotovoltaicos. Antes de continuar es importante resaltar que una de las principales desventajas de las energías renovables es que tienen menor estabilidad y no es fácil proyectar la producción en comparación con otras fuentes de energía no renovable.

Dentro de las renovables, la energía solar destaca por su estabilidad al momento de estimar la producción futura. Esta proyección se realiza en base a los mapas solares y la irradiancia de cada zona.

El quinto determinante en el ranking es el ahorro económico obtenido al instalar los paneles solares. Una vez recuperada la inversión (muchas veces en casi su totalidad a través de los créditos fiscales), los costos de mantenimiento son mínimos, lo que permite obtener energía a un costo prácticamente nulo.

El impacto medioambiental como determinante no estuvo dentro de los factores más influyentes al momento de decidir concretar la inversión. Es importante tener en cuenta, para interpretar este dato, que la amplia mayoría de la energía volcada a la red por la empresa estatal proviene de fuentes renovables. Por este motivo no parece necesario que las empresas deban generar su propia energía limpia para descarbonizar la matriz.

Respecto a la posibilidad de volcar energía a la red, Uruguay permite a los usuarios de la red de baja tensión volcar sus excedentes. En un principio no había limitantes a este mecanismo salvo por la potencia instalada. Luego UTE detectó que existían algunos clientes que habían realizado inversiones con el fin exclusivo de vender la energía y no era coherente la potencia contratada con el consumo.

Teniendo en cuenta que el precio al que compra es al mismo que vende, la empresa estatal renuncia a la utilidad con este mecanismo. Por este motivo

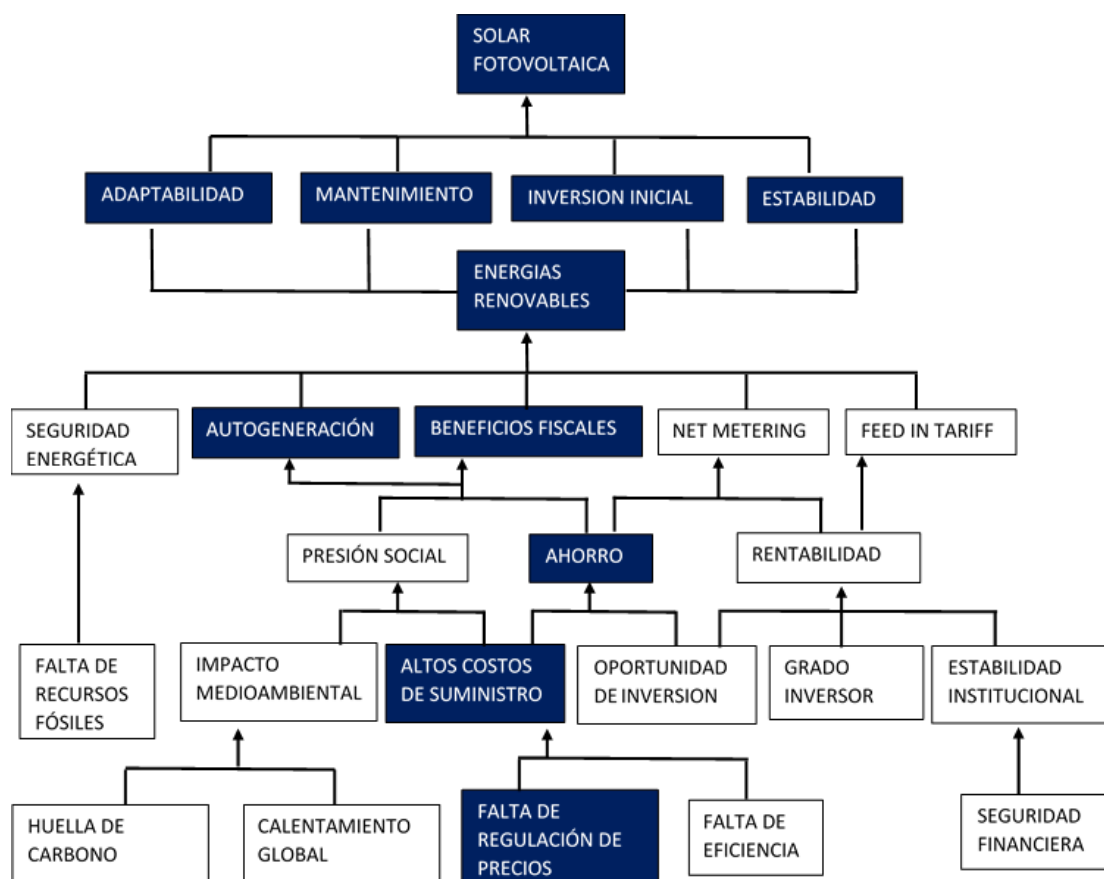
agregó una restricción al sistema, no se puede vender más energía de la que se compra. Esta limitante y que sea un sistema permitido exclusivamente para los clientes conectados a baja tensión llevó a los entrevistados a no considerar este determinante como uno de los más influyentes.

La agenda 2030 no es un factor determinante al momento de invertir en paneles solares. Uruguay tiene un plan energético, que es considerado política nacional y que en varios aspectos vinculados a la energía es más ambicioso que la agenda de la ONU.

Por último, la presión social tampoco es un determinante al momento de invertir en energía fotovoltaica. Como se mencionó anteriormente la matriz eléctrica del país esta descarbonizada como consecuencia de la política nacional desde hace varios años. Esto puede explicar la falta de activistas que generen presión en las empresas para desarrollar este tipo de emprendimientos.

Una vez finalizado el trabajo de campo y con las conclusiones obtenidas, se vuelve al diagrama construido al finalizar la etapa de investigación, para ver el camino recorrido en Uruguay en la implementación de la energía solar fotovoltaica. Como se puede ver en la figura 21, de las variadas causas que se habían investigado, solo la falta de regulación fue que generó el problema disparador en Uruguay. El alto costo del suministro de energía debido a la falta de peso del ente regulador lleva a los actores a procurar ahorro, mediante los beneficios fiscales otorgados y obviamente gracias a la posibilidad de auto abastecerse de energía. Dentro de las energías renovables, todos los determinantes que surgen de la investigación resultaron relevantes para los distintos actores a la hora de considerar a la energía solar fotovoltaica entre diferentes fuentes de energía sostenible.

FIGURA 21 DIAGRAMA: VARIABLES Y FACTORES DETERMINANTES EN URUGUAY



Fuente: elaboración propia.

Las principales conclusiones a las que se llega luego de realizar el presente trabajo fueron:

El determinante más influyente en Uruguay al momento de realizar una inversión en energía solar fotovoltaica es el ahorro de costos. Estos son obtenidos vía créditos fiscales a través de la Ley de Promoción de Inversiones. Concomitantemente, la reducción de costos en los módulos de los paneles solares que se ha dado en el mundo en los últimos años, principalmente por el avance tecnológico y las economías de escala en China, contribuyen a reducir los costos de las empresas que desarrollan estos proyectos en Uruguay.

Los altos costos de la energía en Uruguay se generan debido a la ausencia de una política de fijación de precios en base a los costos asociados de la

empresa estatal, y debido a que parte de los costos fijos se cargan en las tarifas variables.

En Uruguay no se ha desarrollado completamente el potencial de la energía solar porque se ha optado por otras fuentes de energía renovable (eólica, biomasa e hidráulica) y la matriz energética está cubierta en casi su totalidad por fuentes de energía renovable. Actualmente la energía solar es la fuente renovable más económica. Es de esperar que en la medida que crezca la economía y aumente la demanda por energía, esa demanda sea cubierta por instalaciones fotovoltaicas.

El cuidado de medioambiente y la presión social no son determinantes que motivan a las empresas a invertir en energía solar fotovoltaica. Uruguay abastece la mayor parte de su consumo eléctrico a través de fuentes renovables gestionados por la empresa estatal, por lo que las empresas que reciben energía de la red ya están utilizando energía limpia.

La posibilidad de inyectar energía a la red no es un determinante influyente en los inversores. Esta política fue desarrollada pensada en pequeños consumidores y tiene restricciones en cuanto a las cantidades vendidas que no permiten que este mecanismo termine de desarrollarse.

Si bien la matriz eléctrica está compuesta por energía renovable aún queda mucho espacio para reducir las emisiones del transporte y los sistemas de calefacción. En la medida que se avance en la electro-movilidad y se desarrolle más la eficiencia energética de los sistemas de calefacción, crecerá la demanda energética a ser cubierta por energía fotovoltaica.

La política energética desarrollada por el país le permite destacar en los reportes que miden la evolución del ODS 7 de energía sostenible y no contaminante. Esta política ha permitido también que el país tenga mayor soberanía energética y eliminar en parte la dependencia de los países exportadores de petróleo.

De la experiencia internacional se observa que los cambios en la normativa, principalmente los vinculados a tarifas y beneficios, modulan el crecimiento del

sector. Los cambios en la normativa futura tendrán importantes consecuencias en las tendencias de las energías renovables en el país.

De las hipótesis planteadas, se concluye que los determinantes que efectivamente tienen mayor incidencia en la concreción de las inversiones en energía solar fotovoltaica son: los beneficios fiscales, la reducción de costos a través de la generación; los altos costos de suministro de la red; y la estabilidad en la producción de energía en los paneles solares.

El impacto medioambiental, la presión social, la agenda 2030 de la Organización de Naciones Unidas y la posibilidad de inyectar energía a la red no son los determinantes de mayor relevancia al momento de decidir.

En definitiva, se puede concluir que dentro de las principales particularidades que presenta Uruguay con respecto al resto del mundo se encuentra que al contar con una matriz de energía eléctrica conformada prácticamente en un 100% en base a energías renovables, los factores ambientales no son los más importantes a la hora de decidir una inversión en energías renovables.

Por el contrario, la falta de regulación de precios por parte del ente regulador hace que los costos de suministro de energía sean muy altos, sumado a los beneficios fiscales que otorga el MIEM a través de la COMAP, provoca que los inversores se vuelquen por las energías renovables. La energía solar fotovoltaica se presenta como la opción más predecible, adaptable, de menor inversión inicial y con un mantenimiento sencillo y poco costoso.

Se puede afirmar que la flexibilidad y la adaptabilidad de la normativa han acompañado el desarrollo de la energía solar fotovoltaica en Uruguay, ayudada fuertemente por la reducción de costos de los paneles solares.

Por lo tanto se entiende que para la producción a gran escala, la posibilidad de un crecimiento importante a corto y mediano plazo no aparece como lo más probable. Esto se debe a la composición de la matriz energética uruguaya y a que la exportación de energía eléctrica depende de factores externos, como la necesidad de energía de los países de la región. No obstante, Uruguay se encuentra en una situación privilegiada en cuanto a su estabilidad institucional,

manteniendo el grado inversor lo que puede atraer proyectos de gran porte en caso de que la demanda aumente.

Por otro lado, el hecho de que UTE cargue parte del costo fijo de la red dentro del consumo que cobra a sus clientes, en lugar de volcarlo totalmente al cargo fijo, hace que a medida que más empresas decidan invertir en energía solar fotovoltaica, menos le repagan esa parte del costo de la red a la empresa estatal. Debería considerarse cambiar la forma de cálculo de la tarifa de consumo de energía eléctrica por parte de UTE, para incluir el costo de la red dentro del cargo fijo.

En cuanto a los Micro generadores con inyección, se considera que el sistema de *Net Metering* con balance anual, provoca una disminución de los posibles proyectos de inversión en paneles fotovoltaicos. Como ya se vio, se debe a que se evita la compra neta de energía por parte de UTE, debido a que el precio al que se realiza la compra es el mismo que el precio de venta de UTE. Por este motivo, se considera que se podría evaluar la posibilidad de que se modifique la regulación, eliminando el límite de “balance anual”, permitiendo que el micro generador inyecte a la red más de lo que consume, pero que ese excedente se pague al mismo precio al que produce la energía la empresa estatal.

Como limitación del presente estudio, se puede mencionar que las entrevistas no pretenden abarcar la totalidad de los actores de la industria, pero se entiende que la muestra seleccionada es representativa, porque lo que permite sacar conclusiones más allá de las mencionadas limitaciones. Además, dentro del alcance del trabajo no fue posible incluir el análisis de los determinantes de inversión que afectarían al sector residencial.

## 6 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alrikabi, N. K. M. A. (2014). Renewable energy types. *Journal of Clean Energy Technologies*, 2(1), 61-64.
- Casola, L., & Freier, A. (2018). El nexo entre cambio climático y energía renovable en el Mercosur. Un análisis comparativo de las legislaciones de Argentina y Brasil. *Revista Derecho del Estado*, (40), 153-179.
- Centro Interdisciplinario de Respuesta al Cambio y Variabilidad Climática, Modulo 1: cambio climático en el marco de la cuestión ambiental y el desarrollo sustentable, 2019
- Climate Transparency (2017), accedido el 22/1/20 desde: [https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2017/07/Brown-to-Green-Report-2017\\_web.pdf](https://www.climate-transparency.org/wp-content/uploads/2017/07/Brown-to-Green-Report-2017_web.pdf)
- Consejo de Seguridad Nuclear, accedido el 15/3/20 desde: <https://www.csn.es/seguridad-nuclear/informacion-preliminar>
- DE FÍSICOS, C. O. (1999). Cambio Climático. Hacia un nuevo modelo energético.
- Del Sol, N., & Cabrera Fernández, E. (2008). Energía renovable y no renovable. Tono: *Revista Técnica de la Empresa de Telecomunicaciones de Cuba, SA*, 5(2), 85-89.
- Díaz-Bravo, L., Torruco-García, U., Martínez-Hernández, M., & Varela-Ruiz, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en educación médica*, 2(7), 162-167.
- Energía solar (2014). Ministerio de Industria Energía y Minería, accedido el 22/3/20 desde: <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/aula-didactica/que-es-la-energia/fuentes-de-energia-renovables>
- Energía solar (2014). Ministerio de Industria Energía y Minería, accedido el 10/3/20 desde: <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/marco-legal/beneficios>
- Energía solar (2014). Ministerio de Industria Energía y Minería, accedido el 10/3/20 desde: <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/marco-legal/marco-legal-fotovoltaica/microgeneracion>

- Energía solar (2014). Ministerio de Industria Energía y Minería, accedido el 11/3/20 desde: <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/marco-legal/marco-legal-fotovoltaica/generacion-sin-inyeccion>
- Energía solar (2014). Ministerio de Industria Energía y Minería, accedido el 11/3/20 desde: <http://www.energiasolar.gub.uy/index.php/marco-legal/marco-legal-fotovoltaica/gran-escala>
- Frankfurt School-UNEP Centre/BNEF. 2019. Global Trends in Renewable Energy Investment 2019, accedido el 23/3/20 desde: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/29752/GTR2019.pdf>
- Global Change Data Lab, 2020. Accedido el 22/3/20: <https://ourworldindata.org/energy>
- Green Peace International (2020), accedido el 20/3/20 desde: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/cambio-climatico/carbon/>
- IEA, IRENA, UNSD, WB, WHO (2019), Tracking SDG 7: The Energy Progress Report 2019, Washington DC
- International Energy Agency (2019) informe anual World Energy Investment, accedido el 20/3/20 desde: <https://www.iea.org/reports/world-energy-investment-2019>
- International Renewable Energy Agency (2020), accedido el 15/1/20 desde: <https://www.irena.org/wind>
- International Renewable Energy Agency(IRENA) (2019), Future of Solar Photovoltaic: Deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects (A global energy transformation paper)
- IPCC, 2018: Summary for Policymakers. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, 32 pp.

- Javier Méndez y Rafael Cuervo (2007), Formación, E. Energía solar fotovoltaica. FC Editorial.
- López Estrada, R. E., & Deslauriers, J. P. (2011). La entrevista cualitativa como técnica para la investigación en Trabajo Social.
- McCracken, G. (1991). The long interview. Newbury Park, Sage Publications, 5ta. Edición.
- Merino, L. (2007). Las energías renovables. Madrid, España: Haya Comunicación.
- Mir, P. (2012). La regulación fotovoltaica y solar termoeléctrica en España. Cuadernos económicos de ICE, (83).
- Montevideo Gas (2020), accedido el 22/3/20 desde: [http://www.montevideogas.com.uy/uc\\_9\\_1.html](http://www.montevideogas.com.uy/uc_9_1.html)
- Naciones Unidas (2017), accedido el 15/1/20 desde: [https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/thesustainabledevelopmentgoalsreport2017\\_spanish.pdf](https://unstats.un.org/sdgs/files/report/2017/thesustainabledevelopmentgoalsreport2017_spanish.pdf)
- Nieto Morote, A. M., Vila, R., & De Asís, F. (2016). Evolución de la viabilidad económica de las instalaciones fotovoltaicas en España
- Oviedo-Salazar, J. L., Badii, M. H., Guillen, A., & Serrato, O. L. (2015). Historia y Uso de Energías Renovables History and Use of Renewable Energies. DaenaInt. J. Good Conscience, 10(1), 1-18.
- Owusu, P. A., & Asumadu-Sarkodie, S. (2016). A review of renewable energy sources, sustainability issues and climate change mitigation. CogentEngineering.
- Palmis Bas, J. (2018). Prospectiva del marco normativo español de apoyo a la energía fotovoltaica.
- Pereira, R. M., & Pereira, A. M. (2019). Financing a renewable energy feed-in tariff with a tax on carbon dioxide emissions: A dynamic multi-sector general equilibrium analysis for Portugal. Green Finance, 1(3), 279.
- Petroperú SA, Ministerio de Energía y Minas – República del Perú (2020), accedido el 23/3/20 desde: <https://www.petroperu.com.pe/museo/exploracion-petrolera/>
- PNUMA (2019). Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Nairobi.

- Portela, N. F., & Utray, J. F. (2012). El déficit tarifario en el sector eléctrico español. Papeles de economía española, (134), 88-100
- Power Technology Magazine (2020), accedido el 23/3/20 desde: <https://www.power-technology.com/features/feature-world-worst-nuclear-power-disasters-chernobyl/>
- Presidencia de la República Oriental del Uruguay (2018). Informe Nacional Voluntario Uruguay 2018. Objetivos de Desarrollo Sostenible, Uruguay.
- Proença, S., & Aubyn, M. S. (2013). The role of renewable energy in Portugal's decarbonisation strategy—application of the HyBGEM model (No. 5647). EcoMod.
- Reynolds, J.I. (1990). El método del caso y la formación en gestión. Guía práctica. Valencia: Instituto de la Pequeña y Mediana Industria Valenciana.
- Ruzafa Otón, L. (2009). La energía solar en la edificación: la energía solar térmica y la energía solar fotovoltaica.
- Sadorsky, P. (2012). Modeling renewable energy company risk. Energy Policy, 40, 39-48.
- Samaniego, J., & CEPAL, N. (2008). Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña.
- Secretaría de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, Informe del estado del ambiente 2018: versión completa. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires.
- Sevilla Jiménez, M., Golf Laville, E., & Driha, O. M. (2013). Las energías renovables en España/The Renewable Energy in Spain. Estudios de Economía Aplicada, 31, 35-58.
- Shimbar, A., & Ebrahimi, S. B. (2020). Political risk and valuation of renewable energy investments in developing countries. Renewable energy, 145, 1325-1333.
- Strantzali, E., & Aravossis, K. (2016). Decision making in renewable energy investments: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 55, 885-898.

- Uruguay XXI (2017). Energías Renovables: Oportunidades de Inversión, Uruguay.
- Uruguay XXI (2018). Infraestructura: Oportunidad de Inversión, Uruguay.
- Wüstenhagen, R., &Menichetti, E. (2012). Strategic choices for renewable energy investment: Conceptual framework and opportunities for further research. *Energy Policy*, 40, 1-10.
- Yin, R. K. (1998). The abridged version of case study research: Design and method.

## **7 ANEXOS**

### **7.1 Anexo 1: Entrevista SES Latam**

#### **Presentación de la empresa**

- ¿Cuáles son los servicios que presta la empresa?
- ¿Año de inicio actividades?
- ¿Cuál fue la evolución de la demanda de proyectos de energía solar fotovoltaica?
- ¿En qué consiste el servicio de llave en mano de energía solar?

#### **Determinantes de las inversiones en energía renovable**

- ¿Algunos de estos factores consideran que son determinantes de la decisión de invertir en energía solar en Uruguay?
  - Beneficios gubernamentales.
  - Estímulos no gubernamentales que hayan motivado para realizar las inversiones.
  - Ahorro de energía
  - Impacto medioambiental
  - Presión social
- ¿Qué razones considera que lleva a que las empresas elijan la energía solar entre las distintas fuentes de energía renovable?
- En Uruguay los productores de energía pueden volcar los excesos energía eléctrica generada a la red de UTE. ¿Considera que esto es un incentivo para la inversión? ¿Ha habido cambios en la regulación?
- ¿Toman medidas que permitan evaluar el impacto medioambiental de los diferentes proyectos?

#### **Información general de las inversiones**

- ¿Cuál es la evolución de las inversiones en energía solar en el Uruguay a lo largo de los años?

- ¿Cuáles son las principales variables que se consideran a la hora de presupuestar un proyecto?
- ¿Cómo se financian los proyectos? Plazo de pago, moneda, tasa de interés
- ¿Cuáles son los beneficios fiscales de la COMAP para este tipo de proyectos?
- ¿Cuál es la capacidad de energía instalada de los proyectos realizados en Uruguay por SES LATAM y los montos de las inversiones asociadas?
- ¿Qué porcentaje de la energía generada es efectivamente utilizada por las empresas?
- ¿Cuál es la incidencia de los factores climáticos en la generación de energía solar? (estacionalidad, ubicación)
- ¿Cuáles son las variables que influyen en el plazo para la realización de las obras de instalación?
- ¿Cuáles son las principales tareas de mantenimiento, costo asociado y frecuencia de estas?
- ¿Cuál es la vida útil promedio de un proyecto fotovoltaico?
- ¿Qué criterios se utilizan para medir los períodos de repago de las inversiones?

### **Discusión final**

- ¿Cuáles considera que son las ventajas de invertir energía solar en Uruguay?
- ¿Cuáles considera que son las desventajas de invertir energía solar en Uruguay?
- ¿Considera que Uruguay, a nivel de gobierno, fomenta a las empresas a realizar inversiones en energía renovable, en particular la solar?
- ¿Les parece que este tipo de energía renovable es aplicable para empresas de todos los tamaños y sectores?
- ¿Cuál considera que es la tendencia desde el punto de vista tecnológico, respecto a los paneles solares?
- ¿Cuál ha sido la evaluación general de los proyectos por parte de los clientes?

- ¿Considera que la creación de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas impacta en la demanda de proyectos en Uruguay?
- ¿Qué considera usted que Uruguay necesita para que las empresas se decidan a invertir más en energía solar?
- ¿Cuáles son las zonas del país en donde se han realizado mayor cantidad de inversiones?

## **7.2 Anexo 2: Entrevista SEG Ingeniería**

### **Presentación de la empresa**

- ¿Cuáles son los servicios que presta la empresa?
- ¿Año de inicio actividades?
- ¿Cuáles son las principales características del mercado de instalaciones fotovoltaicas?
- ¿Cuál fue la evolución de la demanda de proyectos de energía solar fotovoltaica?

### **Determinantes de las inversiones en energía renovable**

- ¿Algunos de estos factores consideran que son determinantes de la decisión de invertir en energía solar en Uruguay?
  - Beneficios gubernamentales.
  - Estímulos no gubernamentales que hayan motivado para realizar las inversiones.
  - Ahorro de energía
  - Impacto medioambiental
  - Presión social
- ¿Qué razones considera que lleva a que las empresas elijan la energía solar entre las distintas fuentes de energía renovable?
- En Uruguay los productores de energía pueden volcar los excesos energía eléctrica generada a la red de UTE. ¿Considera que esto es un incentivo para la inversión? ¿Ha habido cambios en la regulación?

- ¿Toman medidas que permitan evaluar el impacto medioambiental de los diferentes proyectos?

### **Información general de las inversiones**

- ¿Cuál es la evolución de las inversiones en energía solar en el Uruguay a lo largo de los años?
- ¿Cuáles son las principales variables que se consideran a la hora de presupuestar un proyecto?
- ¿Cómo se financian los proyectos? Plazo de pago, moneda, tasa de interés
- ¿Cuáles son los beneficios fiscales de la COMAP para este tipo de proyectos?
- ¿Qué porcentaje de la energía generada es efectivamente utilizada por las empresas?
- ¿Cuál es la incidencia de los factores climáticos en la generación de energía solar? (estacionalidad, ubicación)
- ¿Cuáles son las variables que influyen en el plazo para la realización de las obras de instalación?
- ¿Cuáles son las principales tareas de mantenimiento, costo asociado y frecuencia de estas?
- ¿Cuál es la vida útil promedio de un proyecto fotovoltaico?
- ¿Qué criterios se utilizan para medir los períodos de repago de las inversiones?

### **Discusión final**

- ¿Cuáles considera que son las ventajas de invertir energía solar en Uruguay?
- ¿Cuáles considera que son las desventajas de invertir energía solar en Uruguay?
- ¿Considera que Uruguay, a nivel de gobierno, fomenta a las empresas a realizar inversiones en energía renovable, en particular la solar?

- ¿Les parece que este tipo de energía renovable es aplicable para empresas de todos los tamaños y sectores?
- ¿Cuál considera que es la tendencia desde el punto de vista tecnológico, respecto a los paneles solares?
- ¿Considera que la creación de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas impacta en la demanda de proyectos en Uruguay?

### **7.3 Anexo 3: Entrevista Aeropuerto Internacional de Carrasco**

#### **La empresa y la sostenibilidad**

- ¿La creación de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, modificó la forma en que se abordaba la sostenibilidad por parte de la empresa?
- ¿La empresa cuenta con un Departamento de Sostenibilidad? O en su defecto, ¿quién lleva adelante las políticas de sostenibilidad?
- ¿Qué ODS la empresa identifica como prioritarios en su gestión?
- En el informe de sostenibilidad de la web del aeropuerto cuentan haber recibido premios por eficiencia energética de parte del MIEM. ¿Qué implican estos premios para la gestión del aeropuerto?

#### **Determinantes de las inversiones en energía renovable**

- ¿Algunos de estos factores fueron determinantes de la decisión de invertir en energía solar?
  - Beneficios gubernamentales que hayan motivado para realizar la inversión.
  - Beneficios fiscales aplicados al proyecto
  - Estímulos no gubernamentales que hayan motivado para realizar la inversión.
  - Ahorro de energía
  - Impacto medioambiental
  - Presión social
  - Decisión del grupo
  - Incentivos de la industria aeronáutica

- ¿Qué motivó a la empresa a elegir energía solar entre las distintas fuentes de energía renovable?
- ¿Utilizan medidas para determinar el impacto medioambiental? En caso de utilizar, ¿qué resultados obtuvieron?

### **Información general de la inversión**

- ¿En qué año se hizo la inversión?
- ¿Cuál fue el monto total de la inversión?
- ¿Cuál fue la inversión inicial?
- ¿Cómo se financió? Plazo de pago, moneda.
- ¿Cuál es la capacidad de energía instalada?
- ¿Qué porcentaje de la energía generada se utiliza?
- El informe de sostenibilidad de la web dice que el decreto que viabiliza el proyecto no incluye la posibilidad de inyectar excedentes a la red pública. ¿En caso de existir excedentes, tienen algún uso?
- ¿Cuál es la relación entre la energía solar generada y el total de energía consumida por el aeropuerto? ¿Esta relación se modifica a lo largo del año?
- ¿Cuáles son las otras fuentes de energía del AIC?
- ¿Cuánto tiempo llevo realizar la obra?
- ¿Costo de mantenimiento del proyecto?
- ¿Cuál es la vida útil del proyecto?
- ¿Se cuantifican los ahorros por el uso de la energía solar?
- ¿Existen algún proyecto en el futuro próximo respecto a los paneles solares? (Aumentar capacidad, modernizar tecnología, etc.)
- ¿Qué criterio financiero utilizaron para evaluar la inversión? (TIR, Período de repago, VAN, etc.)

### **Discusión final**

- ¿Cuáles son las ventajas de utilizar energía solar en el aeropuerto?
- ¿Cuáles son las desventajas de utilizar energía solar en el aeropuerto?

- ¿Considera que Uruguay, a nivel de gobierno, fomenta a las empresas a realizar inversiones en energía renovable, en particular solar?
- ¿Les parece replicable el modelo realizado en el aeropuerto en empresas de menor escala?
- ¿Los resultados obtenidos por la inversión colmaron las expectativas desde el punto de medioambiental y económico?

## **7.4 Anexo 4: Entrevista Ministerio de Industria Energía y Minería**

### **Introducción**

- Introducción al área Energías Renovables del Ministerio de Industria Energía y Minería (MIEM) (año de inicio, misión, entre otros)
- ¿Consideraciones particulares de la energía solar en las que el área tenga participación?
- ¿Cuáles son las principales características del mercado de energías renovables?
- ¿Particularidades del mercado de la energía solar térmica y fotovoltaica?
- ¿Cuál fue la evolución de la demanda de proyectos de energía solar térmica y solar fotovoltaica a lo largo de los años y cuáles son las perspectivas a futuro?
- ¿La creación de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas, modificó la forma en que se aborda el tema de las energías renovables por parte del estado?
- ¿Los ODS son considerados a la hora de establecer los objetivos del sector? ¿Cuáles se identifican como prioritarios?
- ¿Cómo ha evolucionado el marco regulatorio de la energía renovable, en particular la solar en Uruguay?
- ¿Cómo han evolucionado los incentivos creados para estimular la inversión en energía renovable, en particular la solar en Uruguay?
- ¿Este marco regulatorio y los incentivos asociados se basaron en el modelo de algún país?

## **Determinantes de las inversiones en energía renovable**

- ¿Algunos de estos factores considera que son determinantes de la decisión de invertir en energía solar en Uruguay?
  - Beneficios gubernamentales.
  - Estímulos no gubernamentales que hayan motivado para realizar las inversiones.
  - Ahorro de energía
  - Impacto medioambiental
  - Presión social
- ¿Qué razones considera que lleva a que las empresas elijan la energía solar (térmica y fotovoltaica) entre las distintas fuentes de energía renovable?
- ¿Toman medidas que permitan evaluar el impacto medioambiental de los diferentes proyectos?
- Recientemente se aprobó el decreto 151/020 que aumenta el cómputo del monto invertido, el porcentaje de exoneración y la flexibilidad para descontar IRAE, ¿que se espera obtener con este decreto?
- ¿Cuál es el apoyo que brinda el MIEM, y el área de Energías Renovables a las empresas instaladoras, y a los potenciales inversores? ¿Particularidades de la energía Solar térmica y fotovoltaica?

## **Discusión final**

- ¿Cuáles considera que son las ventajas de invertir energía solar en Uruguay?
- ¿Cuáles considera que son las desventajas de invertir energía solar en Uruguay?
- ¿Les parece que este tipo de energía renovable es aplicable para empresas de todos los tamaños y sectores?
- ¿Cuál considera que ha sido la evaluación general de la participación del MIEM en el desarrollo de las inversiones en energía renovable en Uruguay y particularmente en energía solar?

- ¿Qué considera usted que Uruguay necesita para que las empresas se decidan a invertir más en energía solar?
- ¿Qué perspectiva tiene el país respecto a la participación de la energía solar en la matriz energética?