
Simulación de Sistemas de Energía

Mag. Ing. Gustavo González

MBA. Ing. Ciro Mata

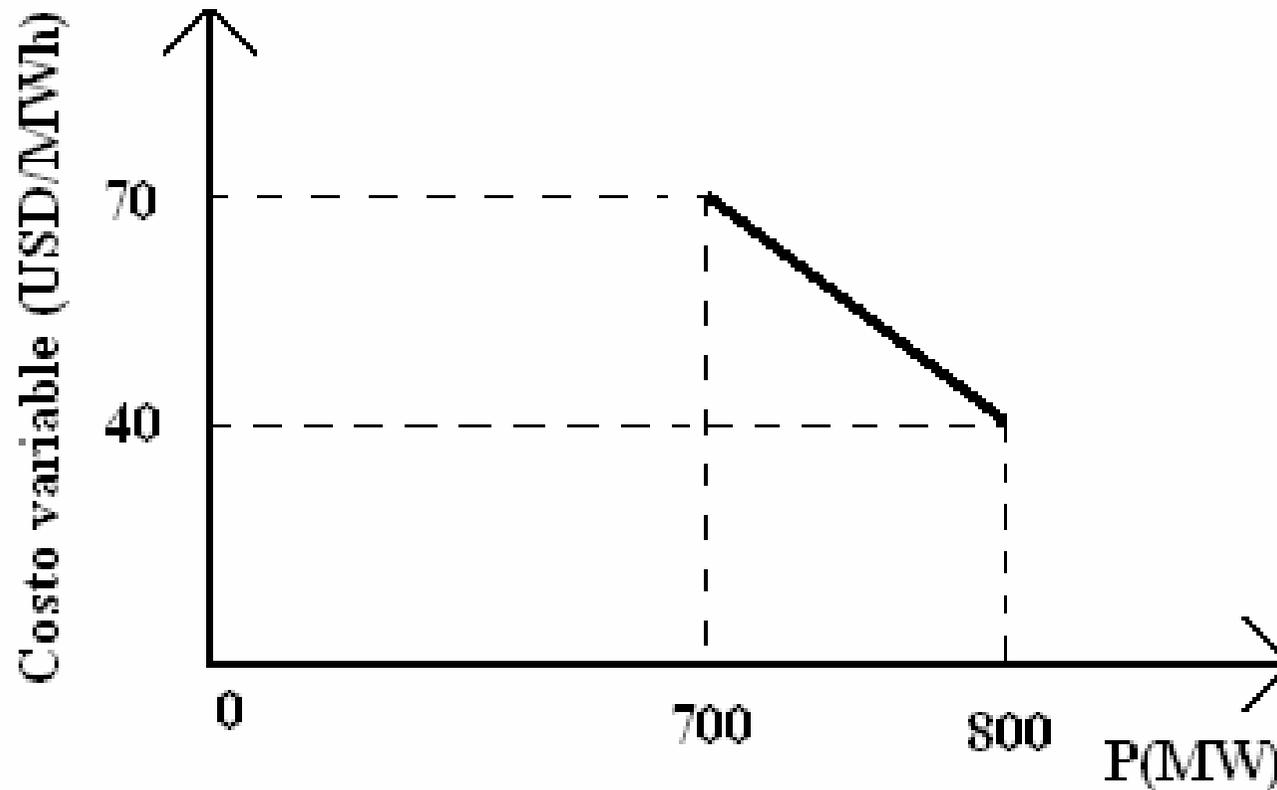
Objetivo del trabajo

- Estudiar el impacto del ingreso de una central núcleo-eléctrica de 800 MW en el Sistema Interconectado Nacional
 - Establecer una aproximación de timing de entrada de la central núcleo-eléctrica
 - Evaluar la evolución del factor de uso de la central conectada al sistema a lo largo del período de estudio (2020 – 2040)
-

Hipótesis acerca de la central nucleoelectrónica

- Potencia nominal: 800 MW
 - Mínimo técnico: 700 MW
 - Costo variable en funcionamiento nominal: 40 USD/MWh
 - Costo variable en funcionamiento al mínimo técnico: 70 USD/MWh
 - La central nucleoelectrónica se modela como un generador térmico básico con costos de arranque y parada
-

Curva de CV en función de la potencia



Fundamento del modelado elegido

- Las centrales nucleoléctricas se caracterizan por:
 - Escasa capacidad de modulación
 - Altos costos de inversión
 - Bajos costos de O&M
 - A efectos de asemejar la operación real del sistema con el comportamiento del modelo, se eligió como señal económica fijar altos costos de parada (MMUSD 23), de modo de favorecer su despacho en caso de estar apagada y evitar su parada en caso de estar despachada
-

$$800 \text{ MW} * 40 \text{ USD/MWh} * 24 \text{ h/día} * 30 \text{ días} \approx 23 \times 10^6 \text{ USD}$$

Expansión del parque de generación

- Biomasa: se instalan 125 MW en 2012 y otros 125 MW en 2018
 - Eólico: se instalan 37.5 MW “equivalente firmes” desde el punto de vista energético en 2012 y otros 37.5 MW “equivalentes firmes” desde el punto de vista energético en 2017 (se modelaron ambos parques como generador térmico básico)
 - Motores: ingreso de dos parques de 150 MW cada uno, en 2010 y 2016 respectivamente
 - Luego de la instalación de la central núcleo-eléctrica no se incorpora nueva generación a lo largo de la ventana de optimización
-

Parque generador existente

Central	Potencia (MW)	Costo variable (USD/MWh)	Factor de disponibilidad
Sala B Central Batlle	50	181	0.8
5 ^a Central Batlle	75	137	0.9
6 ^a Central Batlle	120	140	0.9
CTR	200	288	0.8
PTI	294	288	0.8

Comercio internacional

- Se mantiene la interconexión con Argentina de 2 GW (no se expande). No existen contratos firmes de importación
 - Se expande la interconexión con Brasil en 500 MW a partir de 2015
 - Se dispone de 300 MW firmes para importar desde Brasil a 85 USD/MWh (pueden modelar contratos firmes con generadores brasileros o una central a carbón construida en territorio brasiler)
-

Demanda

- Los datos de demanda utilizados para la simulación fueron extraídos del archivo:

`\simsee\datos_comunes\demandas\uy2pp20072050.bin`

- Crecimiento 2% acumulativo anual
-

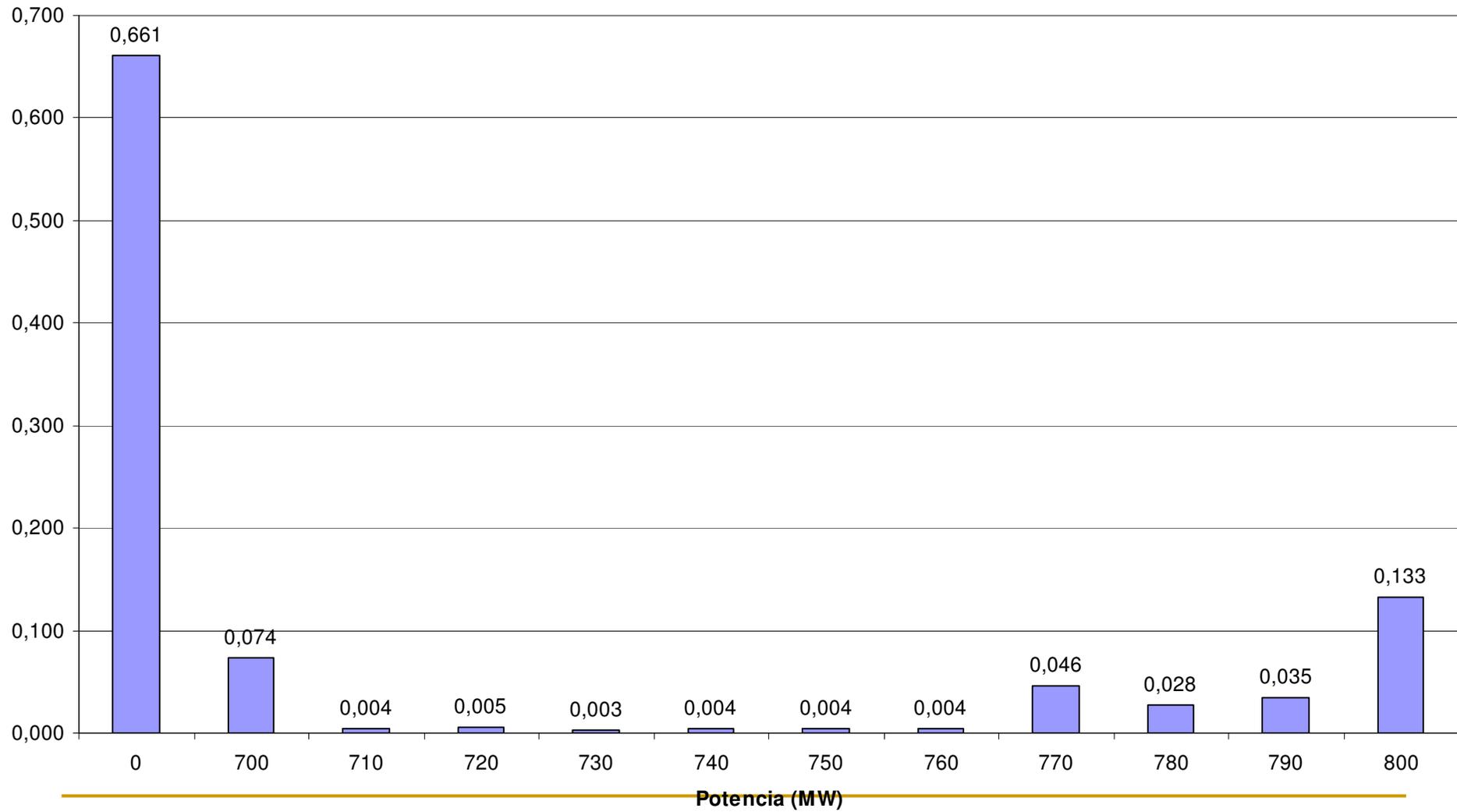
Período de estudio

- Optimización:
 - Período 2010 - 2050
 - 10 crónicas
 - Simulación:
 - Período 2012 – 2040
 - 40 crónicas
-

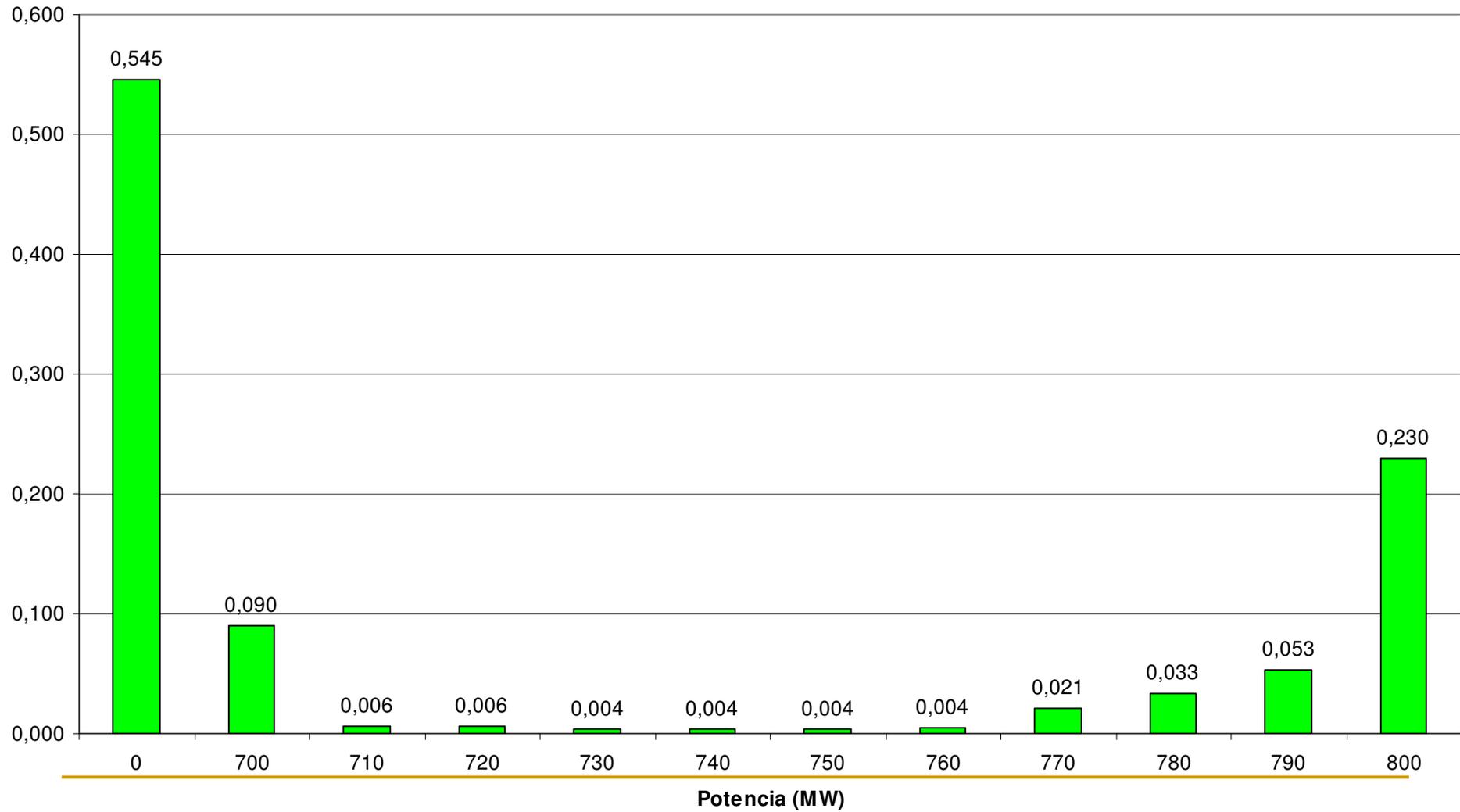
Resultados

-
- El resultado de la simulación muestra que la central núcleo-eléctrica promedialmente está despachada 32.7% del tiempo en el período 2020 – 2040
 - Este porcentaje sube al 44.0% en el período 2030 – 2040
 - El porcentaje de tiempo despachado en el período 2035 – 2040 es de 52.5%
-

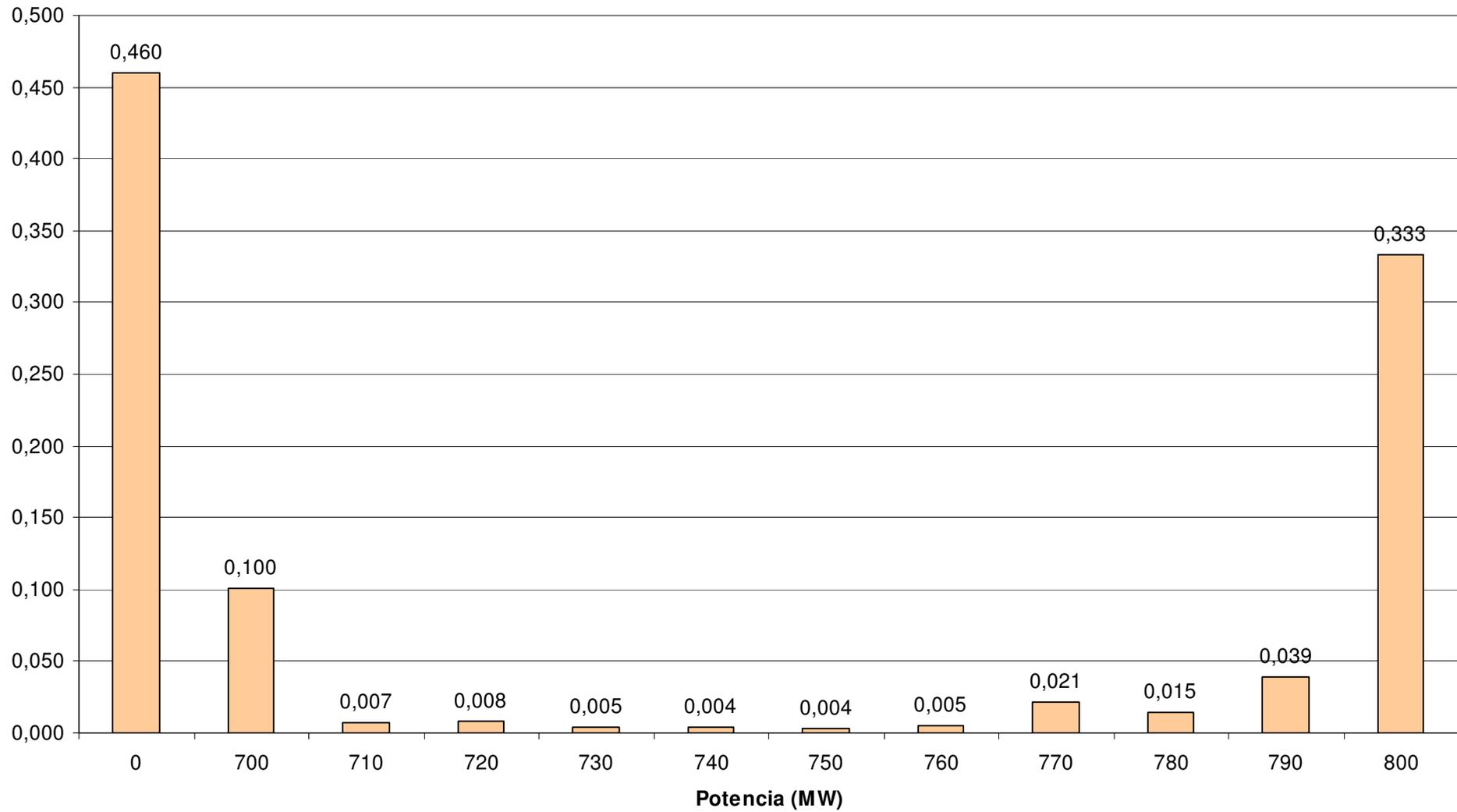
Histograma Función de Densidad central nuclear Período 2020 - 2040



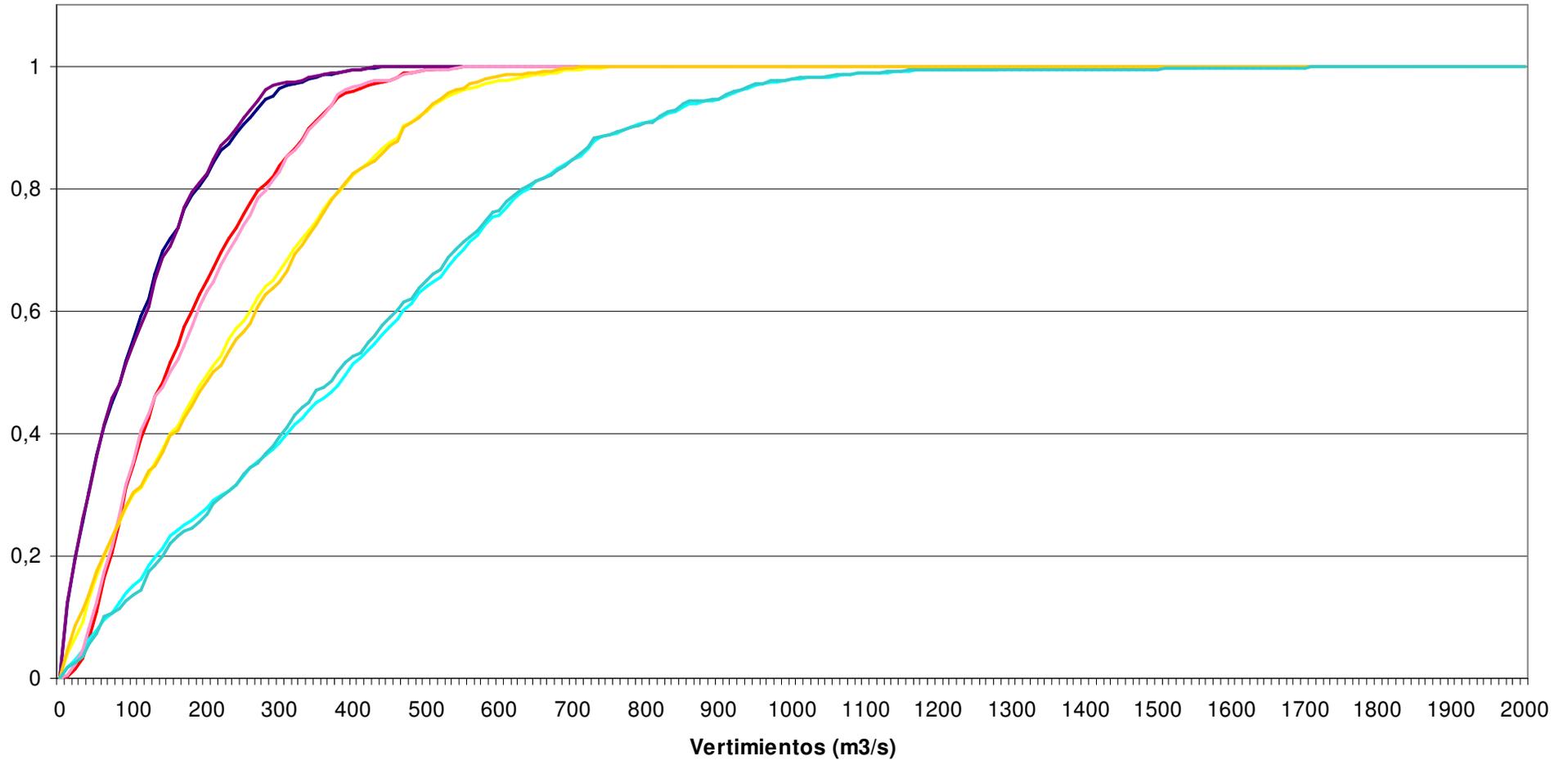
Histograma Función de Densidad central nuclear Período 2030 - 2040



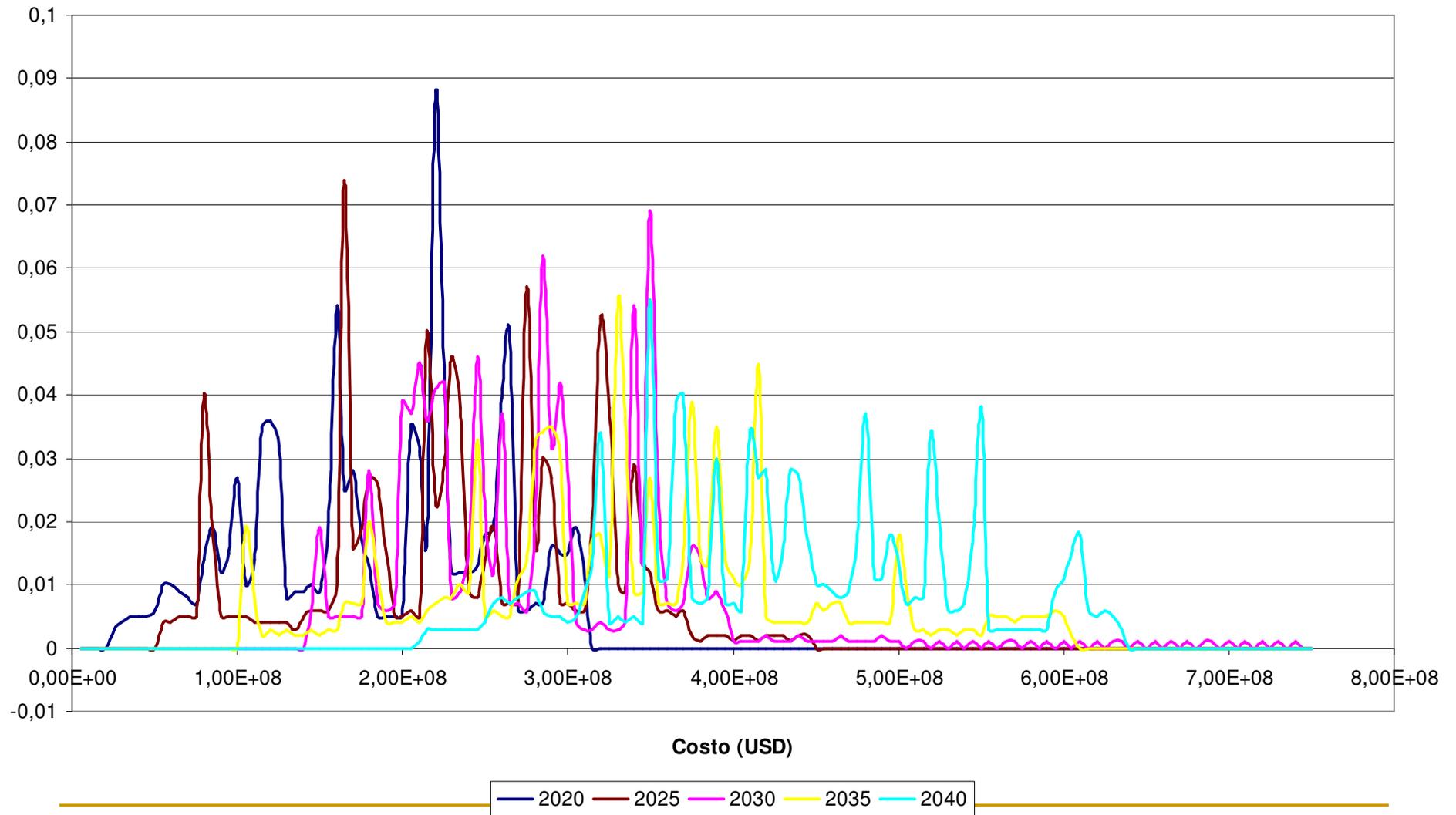
Histograma Función de Densidad central nuclear Período 2035 - 2040



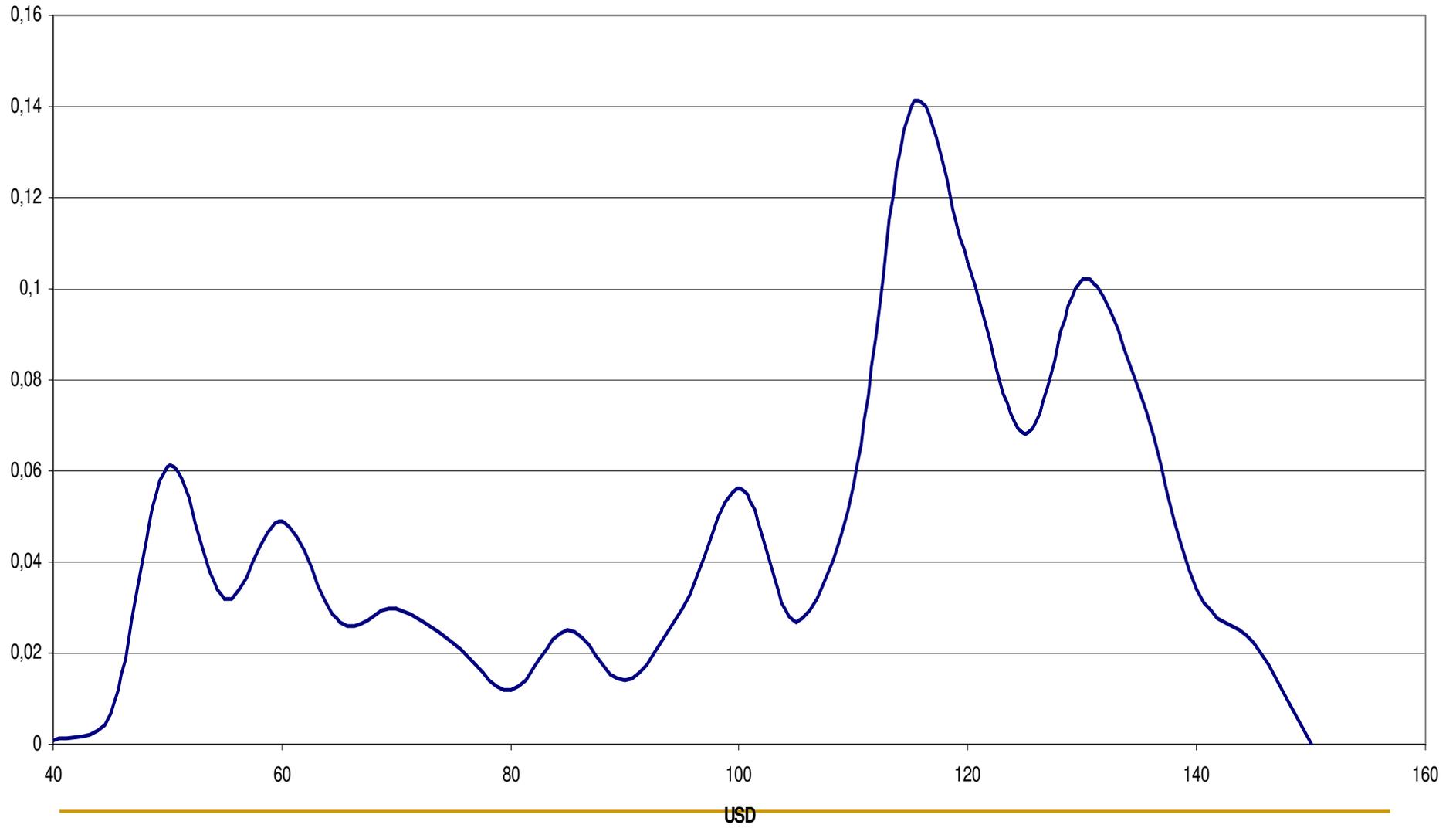
Función de Distribución Vertimientos semanales promedio



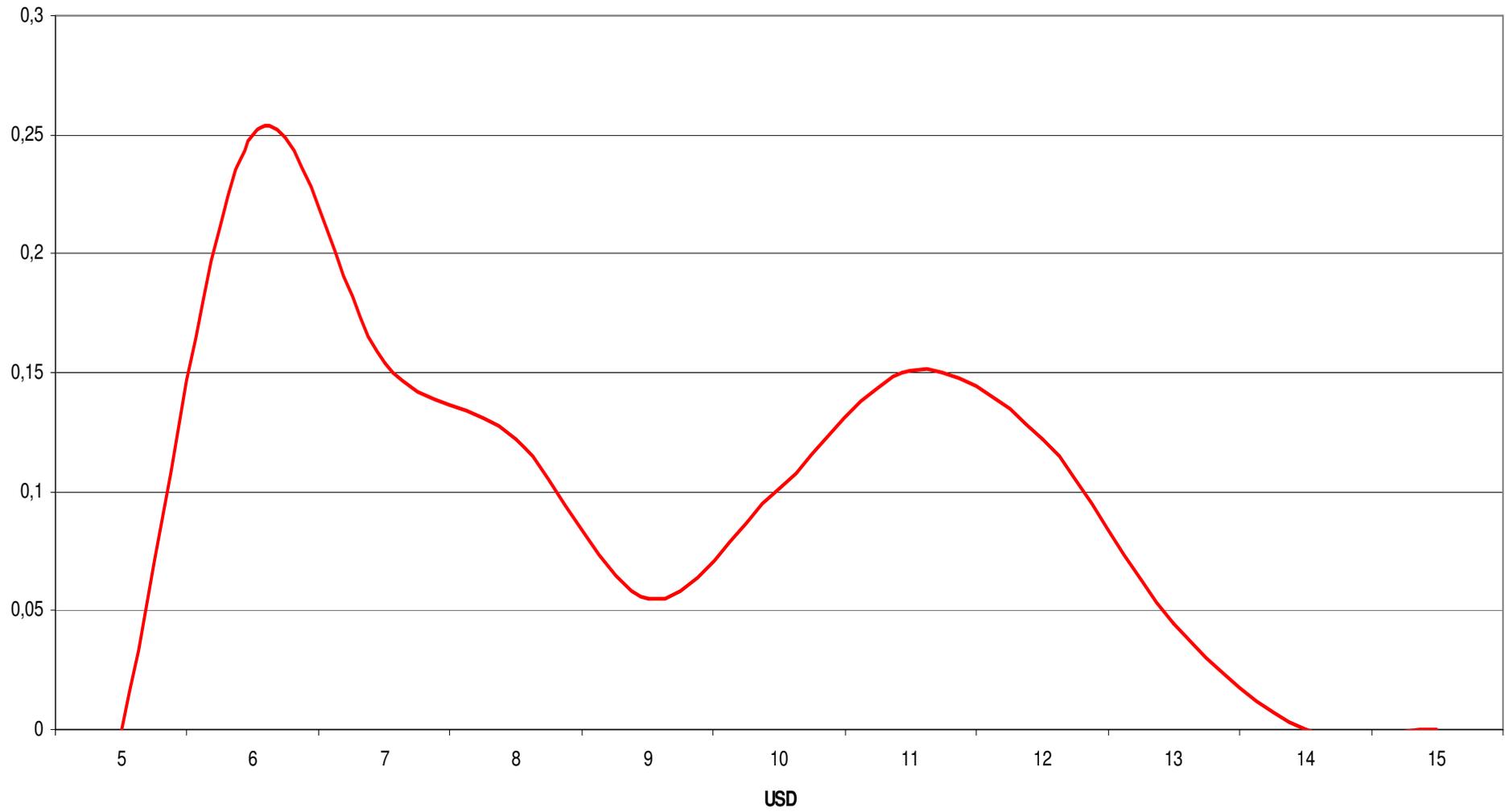
Función de densidad de costos de operación del sistema en las crónicas simuladas



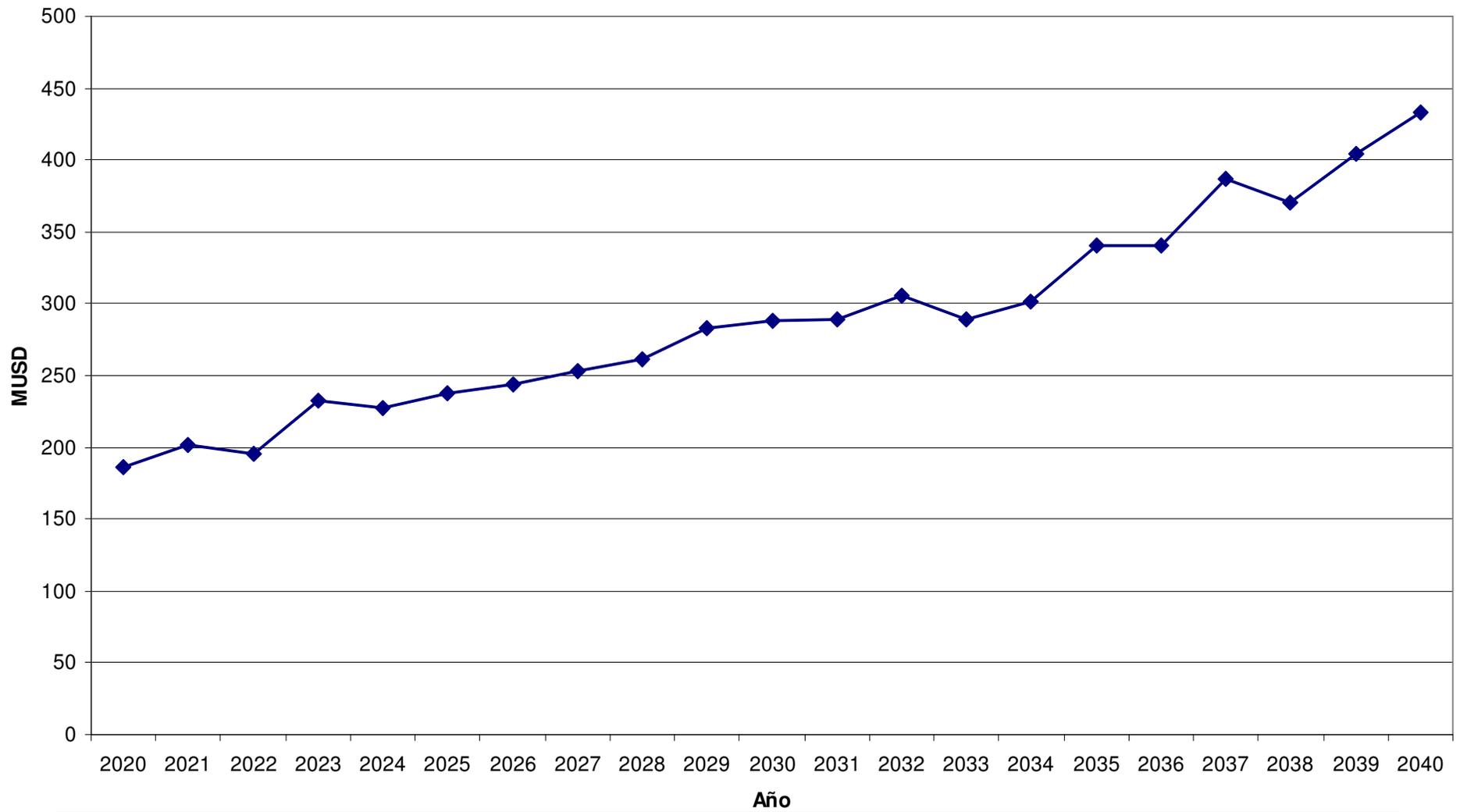
Función de densidad del precio del WTI Abril - Diciembre 2008



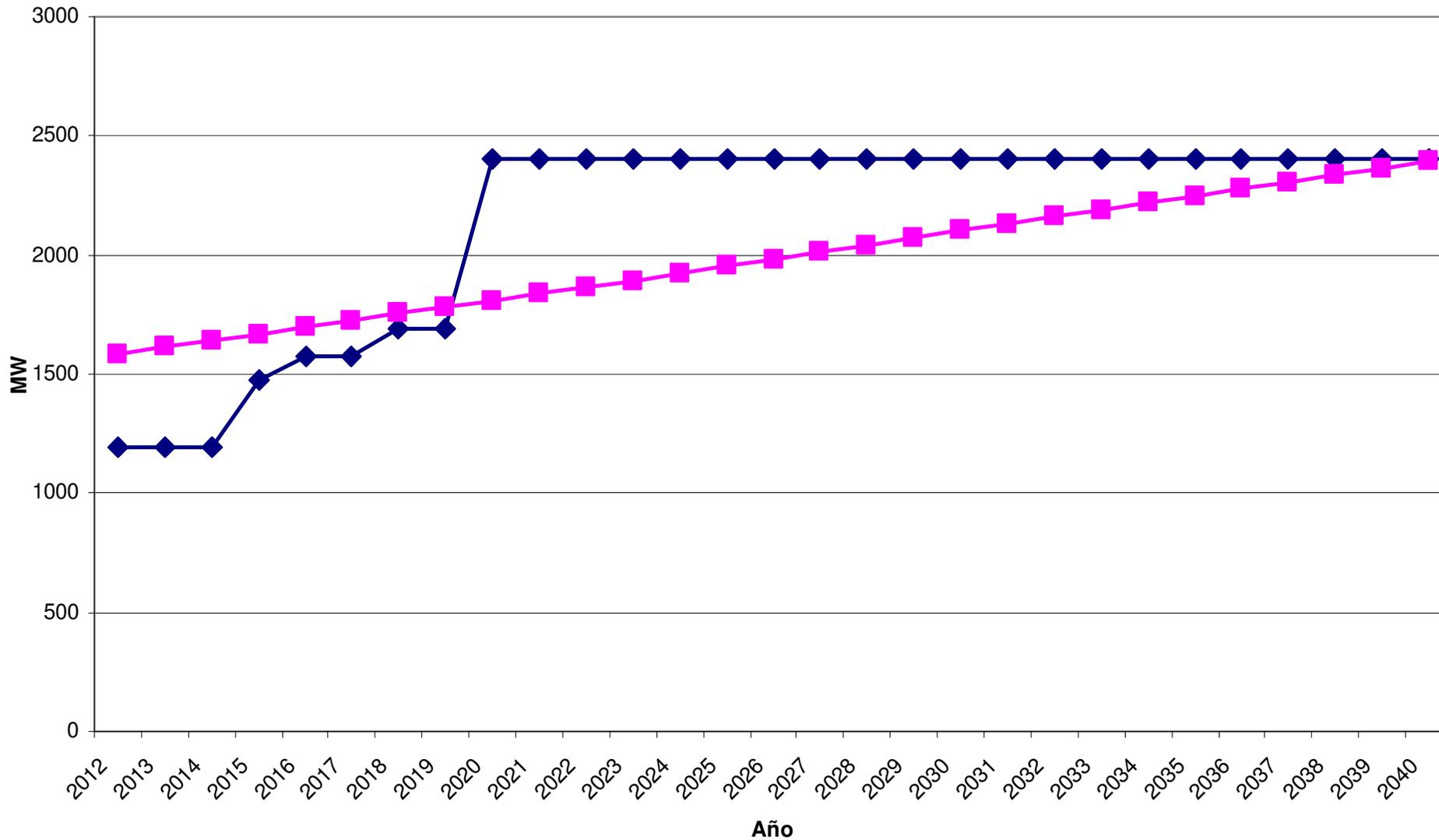
Función de densidad precio del HH spot Abril - Diciembre 2008



Evolución del costo esperado de operación del sistema



Potencia firme instalada Vs. Demanda



◆ Potencia firme ■ Demanda

Conclusiones

-
- Problema de escala para una central núcleo-eléctrica con la potencia nominal y la capacidad de modulación elegida en caso de abastecer únicamente el mercado local con las hipótesis de crecimiento de la demanda vegetativa
 - Reducida cantidad de horas de despacho para una central de alto costo de inversión y bajo costo de O&M
 - Vertimientos en todas las centrales hidroeléctricas (en valores medios)
 - Baja dispersión en los costos esperados de operación del sistema para las diferentes crónicas hidrológicas (el sistema se vuelve más independiente de la hidraulicidad debido a su termificación)
-

Factores que colaborarían con el proyecto

- Fortalecimiento de la interconexión con Brasil
 - Abastecimiento de la demanda no a través de la ampliación del parque generador propio, sino a través de contratos de importación hasta el momento de entrada en servicio de la central
 - Acuerdos de compra con devolución de **muy largo plazo** con Argentina y Brasil que viabilicen la construcción de la central núcleo-eléctrica en territorio uruguayo (EMIH, Exporta Mañana – Importa Hoy)
-

Factores que influyen negativamente en el proyecto

- Eventual carestía de energía en el período 2010 – 2020 en la zona sur de Brasil y Argentina que no permita abastecer la demanda local a través de importación
 - Demora en los plazos de construcción de la planta tienen efectos mucho más significativos que en proyectos de menor envergadura
-

-
- La construcción de una central núcleo-eléctrica de una potencia cercana a 800 MW o superior en el Uruguay, debería estar acompañada de acuerdos de exportación e importación con países vecinos, o una construcción binacional al de estilo de SG.
 - En el contexto de las hipótesis, asumiendo que la central va a abastecer de energía principalmente la demanda local y eventualmente demanda de Argentina o Brasil, el momento de la entrada de la central nuclear debería ser posterior a 2035
 - En caso de lograr celebrarse acuerdos comerciales de largo plazo con Argentina o Brasil o advenimiento de nuevas inversiones energo-intensivas en el uso de energía eléctrica se justifica la entrada de la central en 2020
-

Futuros estudios a realizar

-
- Formulación de un modelo específico de generador térmico núcleo-eléctrico
 - Reformulación del modelo incorporando nuevos criterios en la explotación derivados del ingreso de centrales con estas características (P. ej.: máquinas de bombeo para subir las cotas de los embalses)
 - Realización de un estudio de similares características contemplando la hipótesis de venta regional mediante contratos de largo plazo y/o aumento de la demanda energo-intensiva
 - Estudio de la reserva fría nacional y/o regional necesaria bajo este nuevo contexto
 - Simulación para la estimación de las fechas de mantenimiento óptimo para la central núcleo-eléctrica
-

Gracias
