El mercado tiene dos fases: una de subasta en la que se reciben posiciones de producción y de consumo de energía, y otra posterior de operación en el que los prosumers intercambian energía al precio (o los precios) determinados en la casación realizada en la fase de subasta.

La granularidad de estas fases del mercado es horaria

**Fase de subasta**:

* Las posiciones recibidas de los prosumers pueden ser de producción o de consumo y contienen una cantidad de energía involucrada y un precio.
* Una vez cerrada la subasta, se casan las posiciones cubriendo las demandas de consumo una a una (casación individual)
* Para casar una demanda de consumo se busca la oferta de producción con el precio de venta más cercano por abajo al precio de compra (precio de venta <= precio de compra)
* Si las cantidades de energía presentes en cada casación individual no son iguales, se fragmentan la posición que incorpore la cantidad mayor en dos partes de forma que una de ellas cubra perfectamente a la posición con la que se casa y el excedente ( de producción o de consumo ) se reinserta en el mercado manteniendo los parámetros del ofertante (ID y fecha)
* Una vez casadas todas las posiciones individuales, lo que quede se considera fuera del mercado
* El precio de casación individual es la media entre el precio de compra y el de venta de las dos posiciones casadas
* El volumen de energía intercambiada y el precio de casación se determina sumando y promediando las posiciones que están dentro del mercado

Este método de casación es exacto en el sentido de que crea parejas de posiciones perfectamente identificadas y a un precio de intercambio entre ellas favorecedor tanto para el consumidor como el productor.

Tiene el inconveniente de que puede dejar fuera posiciones de producción que no se aprovecharían en el micro-grid (posible mejora)

**Fase de operación**:

En esta fase los nodos del grid intercambian energía y este proceso no se controla por parte del mercado.

Al final de esta fase de operación se reciben las lecturas de todos los Smart-meters y se debe realizar un balance económico del intercambio.

* Dado que en la casación se ha emparejado perfectamente a productor y consumidor a un precio específico de intercambio entre ellos, la tarificación del consumo se podría hacer de forma individual lo que incentivaría a los participantes a participar en el mercado
* Los excedentes tanto de producción como de consumo que no han entrado en la casación por precio se podrían manejar de dos formas:
  1. A los precios de la comercializadora
  2. Al precio de casación de esa franja horaria
* La opción a) es la más segura porque quienes no casan salen del mercado del micro-grid y son manejados por la comercializadora a precios menos competitivos. La opción b) podría mejorar algo el mercado, pero habría que pensar muy bien si lo productores podrían manipular el mercado durante la fase de subasta para obtener beneficio

**Anomalías:**

Los compromisos de consumo o producción de las casaciones individuales no se cumplen. Varias posibilidades:

* Los excedentes serían manejados fuera del mercado del micro-grid por la comercializadora. Si la tarificación es individual, esta es una situación injusta porque el participante que falla provoca pérdidas económicas en el otro respecto a cómo se hubiera quedado casado el mercado si las cantidades involucradas en las posiciones durante la subasta. Si la tarificación de todo el intercambio se realiza al precio medio casado al final de la fase de subasta esto no ocurre, pero no se intensiva tanto a la operativa del grid
* La tarificación es individual, pero el excedente es manejado al precio de intercambio medio obtenido en la fase de casación. Esto puede ser una buena solución siempre y cuando haya excedente de producción. Hay que pensar si esto no puede provocar alianzas en el mercado para alterar los precios.
* El punto anterior se puede implantar como una fase adicional en la fase de subasta del mercado de forma que las posiciones excluidas por precio se casan todas entre sí a un determinado precio derivado de alguna forma del precio de casación obtenido.

**Mejoras:**

Para evitar que se pueda falsear la fase de subasta se debe añadir también:

* Cada participante solo puede formar parte de la subasta horaria una única vez y con un rol único. Esto se puede implementar tomando siempre los valores de la última posición recibida por el mercado para cada ID de participante. ¿La gestión de los tiempos es fiable en el Blockchain? Creo haber leído que no
* Hay que ordenar las posiciones que se han recibido con los mismos valores (cantidad y precio) de alguna manera y el orden en el tiempo es la mejor, es decir, el mercado se construye ordenando las posiciones por precio y por tiempo de recepción.
* Para fomentar que no se altere la fase de subasta se podría incluir algún mecanismo de confianza en los participantes de forma que se vaya manteniendo el histórico de errores cometidos y que eso pondere las casaciones. Puede ser complicado

Con el prototipo en Phyton se podrían cargar diferentes escenarios y ver qué ocurre con el mercado y medir de alguna manera lo favorable que es la solución y qué puede ganar la comercializadora con todo esto.

**Las baterías:**

Las baterías son un comodín en este juego de la subasta. Si el mercado realimenta hacia los nodos los resultados de la casación, los Smart-meters podrían cortar el suministro de energía sobrante cuando se queden fuera del mercado del micro-grid y guardarlo en las baterías el excedente para el futuro en lugar de verterlo a la comercializadora

Otra cosa que puede ocurrir es que un nodo ponga una posición de compra en el mercado a un determinado precio y en lugar de consumir esa energía la guarde en las baterías para devolverla al grid cuando haya más escasez a un precio mayor. Esto es una especulación en toda regla y es legal en cualquier mercado.

Todo esto hace que el software que está en el Smart-meter deba incluir un agente hiper-inteligente que sea capaz de realizar predicciones correctas y que, además, sea astuto en la operativa del mercado para aumentar los beneficios de su dueño (¡Vaya TFM que acaba de salir!)

**Casación del mercado en su conjunto**

En el mercado hay que distinguir dos cosas distintas:

* La **cantidad** () de energía que cada orden quiere mover
* El **volumen** () de cada orden del mercado que es igual a la cantidad que cada orden quiere mover multiplicada por el precio al que quiere moverla

Cuando una orden se mueve en el mercado a un precio distinto del que puso quien emitió la orden, esto genera un nivel de satisfacción que es la diferencia entre el volumen original de la orden (que depende del precio original) y el volumen real intercambiado (que depende del precio de casación)

El nivel de satisfacción global del mercado lo hemos definido como la suma de los niveles de satisfacción de cada orden (lógico) e intentábamos encontrar un precio de casación que lo maximice (también lógico)

Pues bien, la satisfacción global del mercado NO es maximizable porque es CONSTANTE y siempre es la diferencia entre el volumen inicial de las órdenes de compra y las de venta, y elegir un precio de casación u otro no cambia el volumen global, sino que lo que hace es balancear la satisfacción entre proveedores y consumidores.

Te envío el Excel con el análisis, pero aquí tienes el resultado donde se ve los diferentes balanceos de los niveles de satisfacción con diferentes estrategias de precio de casación:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Price model** | **Price** | **Prov\_profit** | **Con\_profit** | **Profit** |
| C | 11,25 | -3537,5 | -2062,5 | -5600 |
| D | 6,5 | -5675 | 75 | -5600 |
| E | 16 | -1400 | -4200 | -5600 |
| B | 12,88889 | -2800 | -2800 | -5600 |

De todos los modelos de precio que he probado el que puede ser más interesante es el B puesto que equilibra el grado de satisfacción (o insatisfacción) entre proveedores y consumidores

Conclusión:

Tenemos dos algoritmos de casación:

1. Casación individual orden a orden y calculando el precio de casación medio como la media ponderada de todas las casaciones individuales
2. Igualando las cantidades de producción y consumo del grid y moviendo el exceso al off-market. En este caso, el precio de casación del mercado se calcula de forma global (no individual) por la política de preciso B anterior

En ambos casos el off-market se podría mover de dos formas, al precio de casación o al precio de la comercializadora. Si se mueve al precio de casación, es bueno para los integrantes del mercado y malo para la comercializadora, y si lo movemos a precio de la comercializadora, es bueno para ella y malo para el grid. Posiblemente esta última opción se la adecuada para darle algo de gusto a la comercializadora y tener algo más de justificación en el proyecto.