

El potencial educativo de los cuadernos Jupyter en la docencia de Gestión Empresarial

Andrés Suárez-García^{1,*}, Elena Arce², Rosa Devesa¹, Raquel Fernández-González³, María Isabel Fernández-Ibáñez² y José Antonio López-Vázquez²

¹ Centro Universitario de la Defensa, Escuela Naval Militar (Marín, Pontevedra)

² Dpto. Ingeniería Industrial, Escuela Universitaria Politécnica, Univ. de La Coruña

³ Dpto. Economía Aplicada, Facultad de Económicas, Universidad de Vigo

* e-mail: asuarez@tud.uvigo.es

Resumen

Un cuaderno Jupyter es un documento accesible vía navegador web y que permite añadir texto, vídeo, fórmulas y elementos interactivos. Los cuadernos permiten alcanzar el equilibrio en el que estudiante pueda seguir el proceso matemático. Esto es, atenúa la excesiva complejidad en la programación y, por otro, supera el uso simplista de software que enfatiza la facilidad de uso y anula la capacidad de reproducir el cálculo para analizar críticamente el resultado. Empieza a consolidarse en las asignaturas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. En este trabajo, se analiza un caso de uso para una asignatura de Gestión Empresarial para la enseñanza de conceptos relativos a la gestión de stocks en almacenes. Después de su realización, se sondeó la opinión del alumnado mediante una encuesta de satisfacción. Los resultados muestran la acogida positiva de esta herramienta y animan a continuar su uso.

Introducción

La comprensión de los principios científicos y matemáticos de las asignaturas es una prioridad para los programas educativos nacionales de todo el mundo (Kelley & Knowles, 2016). En los últimos años, algunos países como Estados Unidos (NGSS Lead States, 2013), el Reino Unido (STEM Learning Ltd., 2020), Alemania (Forum, 2014) o Corea del Sur (Kang, 2019) han participado en la creación de diferentes normas o foros para promover el trabajo "interdisciplinario" que pueda integrar la educación formal e informal en materia

de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM). En los años 90, la National Science Foundation (NSF) definió, con una perspectiva integradora, el término "educación STEM" agrupando las cuatro principales áreas de conocimiento para científicos e ingenieros (Sanders, 2009). Las relaciones entre estas disciplinas forman parte inherente de estos enfoques educativos. Esta aproximación es imprescindible para cualquiera asignatura con contenido científico o matemático, independientemente de la naturaleza del grado al que pertenezca. La única intención es estimular el interés del estudiante para el aprendizaje de estos nuevos conceptos a través de procesos prácticos de diseño y resolución de problemas.

La titulación de Ingeniería Mecánica que se imparte en el Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar (Marín, Pontevedra) combina conocimientos y habilidades en las áreas STEM. El grado incluye dos asignaturas sobre la gestión empresarial (12 ECTS): Introducción a la Gestión Empresarial y Fundamentos de Organización de Empresas. Este trabajo trata de una experiencia docente en Introducción a la gestión empresarial, que forma parte del módulo de formación básica, se imparte en el segundo cuatrimestre del primer curso de grado, con una carga de 6 ECTS. La memoria aprobada por el Ministerio de Educación de España sobre esta titulación de la Universidad de Vigo especifica que la asignatura contribuye a la adquisición de habilidades para: (1) Conocer los aspectos más relevantes de la organización y la gestión en la empresa y (2) Adquirir habilidades sobre los procesos que afectan a la gestión empresarial. Por tanto, los profesores deben promover las habilidades de resolución de problemas relacionados con la estimación de stock, inventario, pedidos y costes. Varios estudios han analizado los buenos resultados de combinar el análisis teórico con aplicaciones informáticas prácticas, de modo que los estudiantes puedan desarrollar habilidades transversales y pensamiento crítico (Holmes et al., 2015; Jang, 2016; Wieman & Holmes, 2015).

En la enseñanza de las asignaturas STEM hay que destacar la asociación entre los conceptos físico-matemáticos y el mundo real. En este caso, el contenido matemático es esencial y la asociación con la realidad imprescindible. Existen muchas herramientas de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) que pueden utilizarse para este tipo de enseñanza (Barak, 2014). Entre ellas, el cuaderno Jupyter es una de las más innovadoras (Golman, 2019; Suárez et al., 2018). Su entorno de trabajo interactivo, que se ejecuta en Python, permite utilizar diversas aplicaciones para mostrar y editar textos, ecuaciones matemáticas, gráficos y objetos multimedia. También se pueden utilizar otros lenguajes de programación libres y de código abierto (R, MATLAB, Mathematica, etc.). Además, su validez como herramienta está respaldada por una amplia comunidad de usuarios en el ámbito científico. De hecho, su uso ha sido recomendado en la revista científica de referencia Nature, citando como gran ventaja de esta herramienta la transparencia en la reproducibilidad de sus cálculos (Perkel, 2015; Shen, 2014). Hay varios

repositorios de cuadernos disponibles gratuitamente que ilustran el potencial de un cuaderno Jupyter como herramienta de enseñanza (Wittenauer, 2015).

Inicialmente, la asignatura de “Introducción a la Gestión Empresarial y Fundamentos de Organización de Empresas” no está ubicada dentro del conjunto de asignaturas habitualmente etiquetadas como STEM. Por ello, podría parecer que la herramienta aquí propuesta no resulta especialmente en el aprendizaje de sus conceptos. Sin embargo, esta asignatura posee cierta carga matemática en los modelos utilizados para describir el diagnóstico económico-financiero, la gestión de stock el balance contable o el umbral de rentabilidad. Es más, sería imposible impartir un porcentaje elevado de la materia sin recurrir a las matemáticas. Por ello, se destaca la relación directa de la asignatura aquí analizada con las materias STEM.

En el proceso de enseñanza-aprendizaje, la falta de detalles matemáticos cuando se realizan cálculos en programas informáticos con interfaces gráficas de usuario es problemática. Los alumnos se convierten rápidamente en usuarios del software. A menudo, no se introducen las ecuaciones para abordar el problema y sólo se ve la solución final. Esto termina anulando la capacidad de reproducir el cálculo para analizar críticamente el resultado. En el otro extremo del espectro, está el tedioso proceso de cálculos manuales se ve seriamente limitado por la propia naturaleza de las operaciones. Hay que alcanzar un equilibrio en el que el estudiante pueda seguir el proceso matemático. Según investigaciones recientes, el aprendizaje autorregulado de Jupyter Notebook ha ido ganando terreno debido a su entorno interactivo (Golman, 2016; Lovejoy & Wickert, 2015; Suárez-García et al., 2021), que facilita la manipulación del código y el ajuste de sus parámetros.

En este documento se describen dos sesiones prácticas de laboratorio de organización de la producción de la asignatura Fundamentos de Organización de Empresas, materia con carácter de formación básica del grado de Ingeniería Mecánica. Concretamente, las prácticas tratan contenidos relativos a la gestión de stocks en almacenes. No se detallará la instalación del software ni la sintaxis de la programación en lenguaje Python. Existen numerosos recursos gratuitos disponibles en Internet. El material de este cuaderno fue almacenado en un repositorio público y el alumno solamente tuvo que usar el navegador para interactuar con él. Las sesiones de laboratorios las realizaron un total de 67 alumnos. Una vez hecha la práctica, se les pidió completar una encuesta de satisfacción. Se escogió este formato por su sencillez y riqueza. La pregunta abierta deja a voluntad del encuestado cualquier reflexión que estime oportuna. Los resultados de la encuesta ponen de manifiesto la buena aceptación de los cuadernos Jupyter como herramienta docente válida.

Metodología

En las sesiones de laboratorio, los alumnos debieron resolver una serie de problemas de dificultad creciente. Centrándose en las ideas generales, se habían presentado previamente las nociones básicas de la gestión de inventarios (stocks), además de las dificultades de cálculo asociadas. Se esperaba que los estudiantes apreciaran su utilidad y la necesidad de la tecnología computacional para resolver este tipo de problemas. Una vez que los alumnos aprendieron las nociones necesarias, tuvieron que resolver un conjunto de problemas de forma interactiva gracias a los cuadernos Jupyter. De estos problemas, se proporcionaba las soluciones a todos ellos. Por lo tanto, la sesión de laboratorio se transformó en una actividad de aprendizaje basada en problemas en la que los alumnos tenían varios ejemplos para aprender y datos suficientes para comprobar su trabajo.

Cuadernos Jupyter

El cuaderno Jupyter es una página web que puede utilizarse como cuaderno de notas interactivo. En ella, se puede ejecutar código de múltiples lenguajes de programación (Python, MATLAB, R, Julia, ...). El código se puede escribir de tal manera que el usuario solamente tenga que especificar las variables de entrada. De esta manera, el usuario no necesita conocimientos previos de programación informática, lo que refuerza su capacidad de transmisión de conocimientos y su uso como herramienta docente. Aunque este puede navegar por el interior de los cálculos y hacer sus modificaciones, si lo estimase oportuno. De esta forma, el usuario siempre es consciente de la matemática que existe bajo el capó de la interfaz. La comunidad científica fue una de las primeras en reconocer el valor de la fácil reproducción y difusión de estos vínculos a través de los cuadernos. Por ejemplo, el equipo científico de LIGO que investiga las ondas gravitacionales proporciona archivos de cuadernos Jupyter descargables públicamente con datos, código y algoritmos, especialmente para otros grupos de investigación que deseen reproducir sus hallazgos (Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, 2019). La reproducibilidad es una característica clave que hace que los cuadernos Jupyter sean ideales para el aprendizaje autónomo en forma de píldoras de conocimiento.

Gestión de Inventario

Una de las decisiones asociadas a la dirección de producción es la gestión de inventarios. Es decir, la dirección de producción debe poder definir la cantidad ideal de pedido, así como cada cuánto tiempo ha de realizar dichos pedidos. De las decisiones relativas a la fijación del tamaño general de los almacenes y al diseño de un sistema de control de inventarios depende en gran parte el éxito de la empresa y es clave dentro de la ingeniería de organización industrial. En líneas generales, se pueden definir tres tipos de inventarios: inventario de materias primas y componentes, inventario de productos en proceso e inventario de productos terminados (Coalla, 2017). La gestión de operaciones, dentro del ámbito de la organización industrial, es la encargada de proveer modelos

matemáticos que permitan la gestión de inventarios. Estos modelos se clasifican en 2 categorías y dependen del comportamiento de la demanda (Serrano, 2019): (1) modelos asociados a demanda constante y (2) los relacionados con demanda aleatoria y, por tanto, asociada a una función de probabilidad. (el EOQ, cantidad económica de pedido, es el más conocido).

Resultados

A continuación, se expondrán algunos pantallazos del cuaderno Jupyter empleado con el alumno. Todo el código escrito está disponible en <https://github.com/asuagar/knowpil-business-management>. Las principales razones para elegir GitHub en lugar de otros servicios fueron tres: (1) es de acceso abierto; (2) permite a los usuarios leer los cuadernos haciendo clic en uno de ellos, en este caso "lotes_costes.ipynb"; y (3) está integrado con <https://mybinder.org>, que convierte cualquier repositorio de GitHub en una colección de cuadernos interactivos. Solamente hay hacer clic en el botón "launch binder" para crear una sesión virtual en la nube. Así, el usuario puede ejecutar y modificar el cuaderno sin miedo a cometer fallos irreparables. Por ello, no se profundizará en todos los ejercicios realizados. Se anima al lector a visitar la citada página para disfrutar de la experiencia al completo.

La primera pantalla muestra la bienvenida a la página (Figura 2). En ella, se puede ver la licencia de uso abierto y el índice de contenidos. El índice de contenidos facilita enormemente la navegación a lo largo del documento. Mientras que la licencia de uso abierto, anima a la redifusión del documento y como Recurso Educativo Abierto. Ello quiere decir que está plenamente disponible para ser usado o modificado, sin la necesidad de pagar derechos de licencia. En su uso, solamente hay que respetar los requisitos de las licencias copyleft utilizadas. En este caso, sería citar sus autores para todo uso que quisiera dársele.

Salvo que se indique lo contrario, el contenido de esta página se encuentra bajo la licencia [Creative Commons Attribution 4.0 International](#) (CC BY 4.0 Elena Arce Fanifa), y las muestras de código se encuentran bajo la licencia [MIT](#) (Copyright 2020 Andrés Suárez García).

ÍNDICE

- [ENUNCIADO](#)
- [PREGUNTAS](#)
 - [1. Tamaño del Lote Óptimo](#)
 - [2. Stock de Seguridad](#)
 - [3. Inventario Medio](#)
 - [4. Punto de Pedido según Stock](#)
 - [5. Número Pedidos por Año](#)
 - [6. Tiempo entre Pedidos](#)
 - [7. Coste Total](#)

Figura 2. Licencia e índice de contenidos

En el enunciado, se planteó un escenario genérico (Figura 3). En esa sección están definidos los datos de partida del problema. Estos se utilizaban como punto de partida en las preguntas planteadas al estudiante. Se ponen al comienzo del documento para no tener que repetirse en cada sección. La página puede navegarse sin interactuar. Tal y como se dijo, pulsando el botón “launch binder” se puede interactuar. El texto dentro las casillas In [1] e In [2] es el código que se ejecutará pulsando las teclas “Shift + Entrar”. Si no se modifica, se obtendrán una serie de datos por defecto. Se podría plantear al alumno su modificación para analizar otros escenarios, siendo esta una de las principales ventajas del entorno interactivo utilizado.

ENUNCIADO

Un importador de recambios marinos vende entre otros productos áncoras para embarcaciones. El consumo medio es de 10 áncoras al día. Este consumo se lleva a cabo durante 300 días al año.

La empresa maneja los siguientes costes:

- Coste unitario de adquisición medio: 450€
- Coste unitario de almacenamiento anual: 5% del coste de adquisición
- Coste de emisión de un pedido: 60 €

Además, se cumple que:

- El tiempo de entrega del proveedor es: 5 días
- El Stock de Seguridad es: 6 días de consumo

```
In [1]: import math
```

```
In [2]: demanda_diaria = 10
tiempo_consumo = 300
coste_unitario = 450
coste_almacenamiento_unidad = 0.05*coste_unitario
coste_emision = 60
tiempo_entrega = 5
stock_seguridad_dias = 6
```

Figura 3. Enunciado del problema de gestión de inventarios

En la Figura 4, puede verse una de las preguntas planteadas. La pregunta se acompaña con una breve definición y una imagen explicativa. También se podría añadir una visualización de un vídeo de YouTube u otra plataforma si fuese oportuno. Ello refuerza el gran valor didáctico de esta herramienta. Podría reemplazarse el libro de texto por una serie de cuadernos Jupyter con texto, vídeos e imágenes. Además, en la casilla In [5], se puede apreciar el código que le daría la respuesta al apartado. Este puede dejarse realizado o pedírsele al alumno que lo modifique. El código utilizado ha de ser lo más claro posible, utilizando nombres de variables autoexplicativos y las mismas abreviaturas utilizadas en clase. Ello facilita su comprensión, logra reforzar la conexión entre la teoría y la práctica.

3. Inventario Medio

Es la cantidad media de productos que tenemos en almacén. O lo que es lo mismo el valor medio de EOQ.



```
In [5]: inventario_medio = eoq/2 + stock_seguridad
print(f'Inventario medio {inventario_medio:.1f} ud')
Inventario medio 123.2 ud
```

Figura 4. Cuestión a resolver por el alumno

Encuesta Satisfacción Alumnado

Al término de las dos sesiones de laboratorio, se les proporcionó a los estudiantes una encuesta basada en las encuestas de satisfacción del cliente (Customer Satisfaction Score, CSAT). Estas encuestas suelen utilizarse para evaluar de forma sencilla la satisfacción de un usuario sobre un servicio. En ellas, se le pide que haga una evaluación del servicio utilizando una escala Likert de 3 o 5 valores. En este caso, se optó por una Likert de 5 valores y, además, se le dio como opción el poder justificar la valoración (Figura 1). Este formato sencillo de encuesta, aporta un gran valor informativo e invita a su realización debido a su corta duración.

Se obtuvieron respuestas de 21 alumnos (Figura 5). Se podría decir que la tercera parte del alumnado que realizó las sesiones de laboratorio dio su opinión. Hay que resaltar que el cuestionario era voluntario. En la escala Likert, se obtuvo una puntuación media de 3.71 sobre 5. Esto puede interpretarse como un 74 % de la máxima puntuación. Además, más de la mitad de las respuestas calificaron la experiencia como “buena” o “excelente”. Tales cifras respaldan lo acertado del uso de los cuadernos Jupyter para mejorar la comprensión de los conceptos matemáticos.

En una escala del 1 (mala) al 5 (excelente), evalúe la experiencia de aprendizaje de las sesiones de laboratorio con los cuadernos Jupyter. *


Mala


Pobre


Regular


Buena


Excelente

1

2

3

4

5

☐

☐

☐

☐

☐

¿Cuál es la razón principal para su puntuación? (opcional)

Tu respuesta

Figura 1. Encuesta realizada por alumnado para valorar sesiones laboratorio

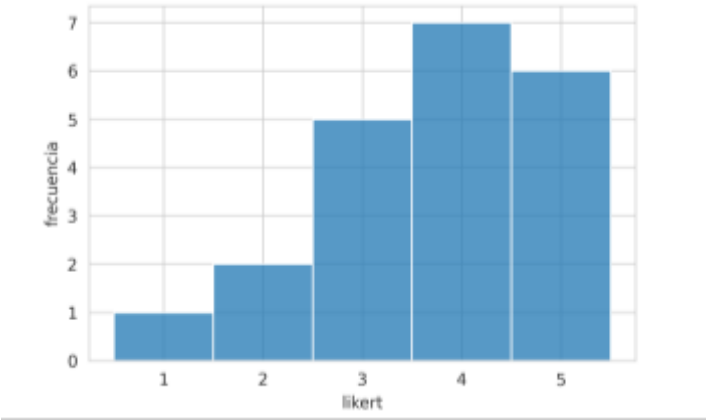


Figura 5. Puntuaciones del alumno sobre el aprendizaje con cuadernos Jupyter

En cuanto a las opiniones, las respuestas fueron mucho más escasas. Solamente 3 alumnos de los 21 que realizaron una puntuación. Estas están reflejadas en la Tabla 1. A partir de estas opiniones, es difícil profundizar más en la puntuación vista previamente. Se confirma que la interactividad de los cuadernos Jupyter es un rasgo diferencial que lo hace muy atractivo para afianzar contenidos.

Tabla 1. Opiniones del alumno sobre el aprendizaje con cuadernos Jupyter

Likert	Comentario
4	Buena manera de comprobar un ejercicio, así de dónde está nuestro(s) fallo(s)
3	La mala conexión hace imposible entender bien el contenido completo
2	No tengo muy claro cómo manejarlo. Sé que la profesora ha hecho un esfuerzo en hacerlo, pero no termino de aclararme

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el uso de cuaderno Jupyter en una asignatura del ámbito de organización industrial en el grado de Ingeniería Mecánica. Esta metodología ha promovido un entorno de aprendizaje interactivo en el que analizar la gestión de stocks y almacenes. Esta herramienta potencia el aprendizaje autorregulado y promueve el aprendizaje mixto y un entorno colaborativo. Además, si estos cuadernos se utilizasen antes de cada clase, podrían apoyar metodologías de aula invertida. Recordar que se trata de un cuaderno es un programa gratuito de acceso abierto que no requiere la configuración de un nuevo entorno de desarrollo. Esto es fundamental para facilitar su alcance y uso al alumnado. El material presentado aquí se utilizó como base para la realización de las sesiones prácticas de laboratorio. Una vez explicada la parte referida a los scripts de Python, se les dio a los alumnos varios ejemplos para que los resolvieran.

Los resultados cualitativos de una encuesta de opinión ad hoc, sobre las sesiones de laboratorio del Jupyter notebook, con un tipo de respuesta "de acuerdo o en desacuerdo", mostraron una buena aceptación de esta herramienta por parte de los estudiantes. Además, los estudiantes afirmaron que la nueva herramienta les ha ayudado a comprender la teoría. Afirmaron que este tipo de recursos les motivan y son una buena opción para profundizar en la comprensión de los métodos de análisis que se han descrito y de su utilidad. Así, como línea de trabajo futura, se propone el desarrollo de los cuadernos Jupyter como herramienta de apoyo tanto para el aula invertida.

Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo financiero de FEDER y de la Xunta de Galicia (ED431C2018/48 y ED431E2018/07) y del Ministerio de Economía y Competitividad (RTI2018-099225-B-100).

Referencias bibliográficas

- Barak, M. (2014). Closing the Gap Between Attitudes and Perceptions About ICT-Enhanced Learning Among Pre-service STEM Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 23(1), 1–14.
<https://doi.org/10.1007/s10956-013-9446-8>
- Coalla, P. (2017). *Gestión de inventarios*. Paraninfo.
- Forum, N. (2014). *MINT-Bildung im Kontext ganzheitlicher Bildung*. Utz, Herbert.
- Golman, B. (2016). Transient kinetic analysis of multipath reactions: An educational module using the IPython software package. *Education for Chemical Engineers*, 15, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2015.12.002>
- Golman, B. (2019). A set of Jupyter notebooks for the analysis of transport phenomena and reaction in porous catalyst pellet. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(3), 531–542.
<https://doi.org/10.1002/cae.22095>
- Holmes, N. G., Wieman, C. E., & Bonn, D. A. (2015). Teaching critical thinking. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(36), 11199–11204.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1505329112>
- Jang, H. (2016). Identifying 21st Century STEM Competencies Using Workplace Data. *Journal of Science Education and Technology*, 25(2), 284–301. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9593-1>
- Kang, N.-H. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5(1), 6.
<https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 11.
<https://doi.org/10.1186/s40594-016-0046-z>
- Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory. (2019). *Gravitational Wave Open Science Center*. <https://www.gw-openscience.org/tutorials/>
- Lovejoy, M. K. R., & Wickert, M. A. (2015). Using the IPython notebook as the computing platform for signals and systems courses. *2015 IEEE Signal*

- Processing and Signal Processing Education Workshop, SP/SPE 2015*, 289–294. <https://doi.org/10.1109/DSP-SPE.2015.7369568>
- NGSS Lead States. (2013). Next Generation Science Standards: For States, By States. In *Next Generation Science Standards: For States, By States*. <https://doi.org/10.17226/18290>
- Perkel, J. M. (2015). Programming: Pick up Python. *Nature*, 518(7537), 125–126. <https://doi.org/10.1038/518125a>
- M. Sanders, STEM, STEM education, STEMmania, *Technol. Teach.* 68 (2009), no. 4, 20–26.
- Serrano, M. (2019). *Logística de almacenamiento*. Paraninfo.
- Shen, H. (2014). Interactive notebooks: Sharing the code. *Nature*, 515(7525), 151–152. <https://doi.org/10.1038/515151a>
- STEM Learning Ltd. (2020). *STEM LEARNING*. Project ENTHUSE. <https://www.stem.org.uk/>
- Suárez-García, A., Arce-Fariña, E., Álvarez Hernández, M., & Fernández-Gavilanes, M. (2021). Teaching structural analysis theory with Jupyter Notebooks. *Computer Applications in Engineering Education*, cae.22383. <https://doi.org/10.1002/cae.22383>
- Suárez, A., Alvarez-Feijoo, M. A., Fernández González, R., & Arce, E. (2018). Teaching optimization of manufacturing problems via code components of a Jupyter Notebook. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1102–1110. <https://doi.org/10.1002/cae.21941>
- Wieman, C., & Holmes, N. G. (2015). Measuring the impact of an instructional laboratory on the learning of introductory physics. *American Journal of Physics*, 83(11), 972–978. <https://doi.org/10.1119/1.4931717>
- Wittenauer, J. (2015). *A gallery of interesting IPython Notebooks*. <https://github.com/ipython/ipython/wiki/A-gallery-of-interesting-IPython-Notebooks>