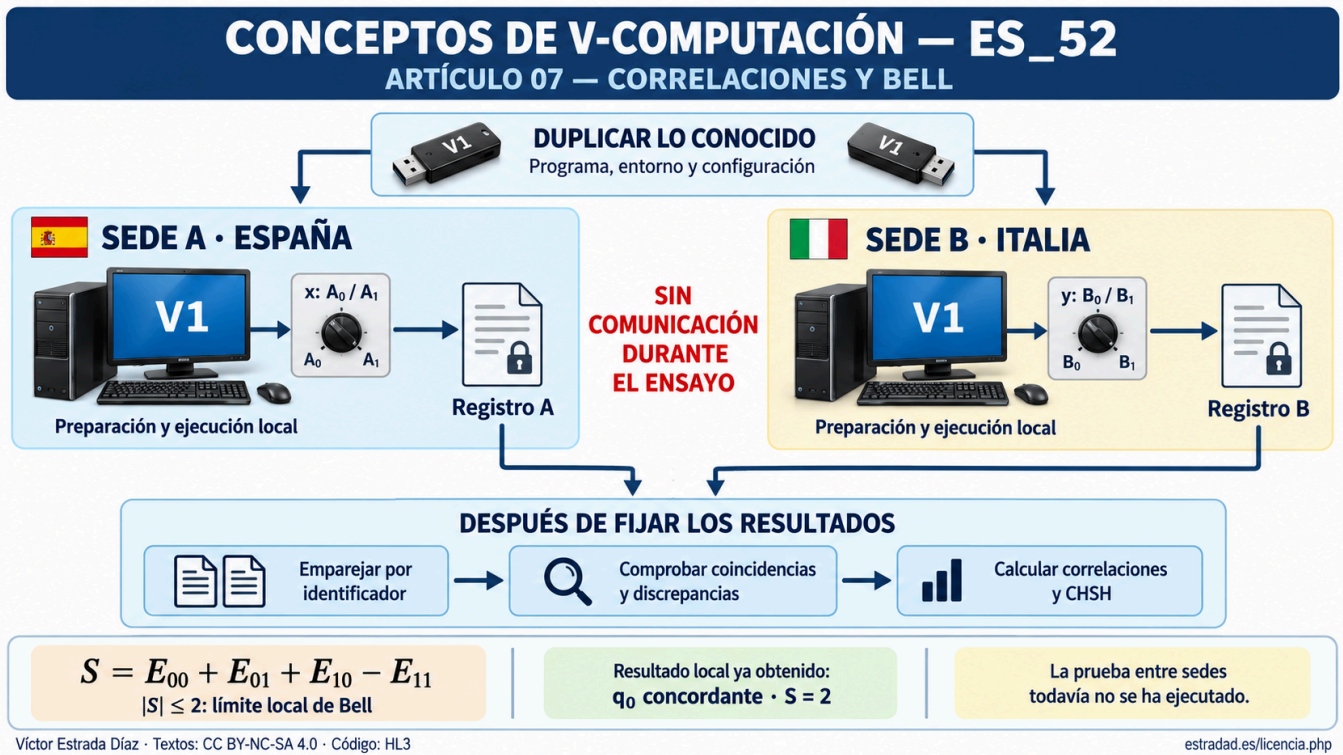


CONCEPTOS DE V-COMPUTACIÓN — ES_52

ARTÍCULO 07 — CORRELACIONES Y BELL



Autor: Víctor Estrada Díaz ORCID: 0000-0001-9942-1021 Proyecto: ES_52 Serie: Conceptos de V-computación Estado: Borrador para revisión del autor — no publicado

Licencia dual — Ética y uso

Textos: CC BY-NC-SA 4.0. Se permite compartir y adaptar los textos con atribución al autor, sin uso comercial y compartiendo las adaptaciones bajo la misma licencia.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Código: HL3 — Hippocratic License 3.0. El uso comercial del código está permitido solo si cumple los principios éticos y las condiciones de la licencia. <https://firstdonoharm.dev/version/3/0/>

Restricciones éticas del autor: se prohíben los usos para guerras, violaciones de los derechos humanos (DDHH), daño ambiental, explotación, vigilancia masiva y discriminación.

Principios éticos del autor: respeto a la dignidad humana, no uso lucrativo sin permiso y prohibición de usos dañinos.

Referencia de la licencia dual y de las condiciones del autor: <https://estrada.es/licencia.php>

1. OBJETO

Una correlación expresa una relación entre resultados. Este artículo distingue una correlación construida mediante relaciones conocidas de las condiciones específicas de una prueba de Bell.

2. UNA RELACIÓN SENCILLA

Si dos salidas binarias cumplen:

$$B = 1 - A$$

sus valores son opuestos. Desconocer A y B no impide conocer esa relación.

Al completar la lectura se conocen los valores obtenidos en esa ejecución. La relación permite interpretarlos, pero no convierte por sí sola el dispositivo en un experimento de Bell.

3. QUÉ COMPARAR

Para comparar correlaciones hay que identificar las entradas, las operaciones y las parejas de resultados pertenecientes a cada ejecución.

En el proceso V de esta serie, el colapso establece el resultado en t_0 y la adquisición se completa en t_1 . Cada nueva ejecución repite la preparación requerida.

No se añaden lecturas de valores internos desconocidos durante la preparación para explicar las correlaciones.

4. EL ALCANCE DE BELL

Las desigualdades de Bell limitan las correlaciones de determinadas clases de modelos bajo supuestos explícitos, entre ellos localidad e independencia de las elecciones de medida respecto a las variables compartidas.

Los experimentos cuánticos han mostrado violaciones de esas desigualdades. No basta presentar dos resultados iguales u opuestos para afirmar una violación.

Si una construcción V comparte información entre sus partes o recibe conjuntamente sus ajustes, esa característica debe describirse al compararla con las condiciones de Bell.

Se ha realizado un ensayo informático local de selectores con dos procesos Python de V1. Sus resultados y límites se presentan en la sección 6. No se trata de un test físico de Bell sin lagunas.

5. QUÉ APORTA V1

La comprobación V1/Q1 para Deutsch establece coincidencia del bit de respuesta en las cuatro funciones binarias consideradas.

Ese resultado es un ejemplo de comparación operacional. No constituye por sí mismo una prueba de Bell ni demuestra las correlaciones de una máquina de varias unidades.

El ensayo siguiente utiliza exclusivamente la V1 instalada, sin modificar su construcción. Las construcciones posteriores quedan reservadas.

6. ENSAYO LOCAL DE V1 CON SELECTORES

Dos ramas reciben la misma entrada conocida del oráculo. Cada rama dispone de dos etiquetas de selección, 0 y 1, que identifican copias intercambiables de V1, no operaciones de medida diferentes.

Cada ensayo prepara una instancia nueva por rama. Cada proceso recibe únicamente su selector local y la entrada común. El controlador recoge los dos resultados después y calcula las correlaciones externamente.

Se realizaron 8.192 ensayos pareados, equivalentes a 16.384 ejecuciones de V1: 4.096 ensayos con selección ordenada y otros 4.096 con selección aleatoria externa.

El bit q_0 , que responde al problema de Deutsch, coincidió entre ramas y con $f_0(0) \text{ XOR } f_0(1)$ en todas las ejecuciones y para los cuatro oráculos. Los selectores no generan estados ni salidas internas de V.

Para cada pareja de selectores se asigna producto +1 si las salidas coinciden y -1 si difieren. E_{00} , E_{01} , E_{10} y E_{11} son los promedios de esos productos en cada grupo.

La convención utilizada es:

$$S = E_{00} + E_{01} + E_{10} - E_{11}$$

En q_0 , ambos modos de selección dieron:

$$E_{00} = E_{01} = E_{10} = E_{11} = 1$$

$$S = 2$$

Por tanto, se observó concordancia completa en la respuesta de Deutsch, pero no una violación del límite local de Bell, $|S| \leq 2$.

Las dos V1 en un mismo ordenador superaron las comprobaciones locales realizadas: coincidencia de la respuesta de Deutsch y respeto de la desigualdad de Bell. No se encontró una violación de esa desigualdad en los datos del ensayo; q_0 dio $S = 2$. Pasar estas comprobaciones significa cumplir esos criterios, no superar el límite de Bell ni certificar un test físico sin lagunas.

También se analizó q_1 , sin seleccionar a posteriori el bit más favorable. Dio $S = 1,998046875$ con selección ordenada y $S = 2$ con selección aleatoria.

El ensayo se ejecutó en un único ordenador con dos procesos Python. No se ejecutó Prolog ni un montaje entre España e Italia, y no se certificaron aislamiento físico, independencia de las referencias temporales ni ausencia de canales laterales. El controlador conoce ambos ajustes. La selección ordenada constituye un control, no una prueba de independencia de los ajustes.

En este ensayo los selectores se generan antes de preparar las nuevas instancias; no se certifica una elección física posterior a una preparación compartida. Los registros contienen t_0 y duraciones software, no una medida independiente de t_1 . Tampoco hay una comparación temporal con hardware Q.

La comprobación externa adicional de las 16 asignaciones binarias locales posibles dio un máximo $|S| = 2$ y un máximo del 75 % de aciertos CHSH con ajustes uniformes. No forma parte del funcionamiento interno de V.

El resultado corresponde al montaje ejecutado. No decide el comportamiento de todas las construcciones V. Para estudiar alternativas de medida diferentes deben definirse las operaciones locales, la preparación compartida y las condiciones de acceso a la información.

Informe específico con fórmulas, tablas y enlaces relativos, versión PDF: [./pdfs/ES_52_EnsayoBellV1.pdf](/pdfs/ES_52_EnsayoBellV1.pdf)

Resumen de resultados: [./datos/ES_52_EnsayoBellV1/resultados.json](/datos/ES_52_EnsayoBellV1/resultados.json)

Registros completos: [./datos/ES_52_EnsayoBellV1/registros.json](/datos/ES_52_EnsayoBellV1/registros.json)

7. EXTENSIÓN PROPUESTA A ESPAÑA–ITALIA

La comprobación puede extenderse a una sede en España y otra en Italia, trasladando un ordenador o instalando allí una copia verificable de V1. Se llevan el código, su entorno y la preparación conocida; no una ejecución en curso ni resultados internos desconocidos ya fijados.

En la variante USB propuesta por el autor se duplican el programa, el entorno y la configuración conocida antes de arrancar. Cada sede inicia después su entorno y prepara su propia ejecución dentro de la ventana acordada. No se copia una ejecución preparada en RAM. Las ramas comparten lo conocido, no se comunican durante la preparación o ejecución y realizan únicamente las pruebas consensuadas sin conexiones entre ellas. Los registros se comparan al finalizar.

Antes de comenzar, ambas sedes acuerdan identificadores, oráculos, número de ensayos y tratamiento de incidencias. Cada sede prepara una instancia nueva por ensayo y recibe solo su selector local. En el bloque aleatorio propuesto, ese selector se obtiene externamente después de la preparación y antes del disparo. Los resultados se fijan y guardan sin consultar la selección o la salida remota.

Se registran los dos bits, el oráculo, el selector, el disparo, la finalización de la adquisición y las incidencias. Después de cerrar los registros se intercambian los archivos y se verifican sus huellas. El analizador empareja por identificador, comprueba ausencias y duplicados, contrasta la respuesta de Deutsch y calcula las cuatro correlaciones y CHSH. No selecciona parejas favorables ni oculta fallos.

El programa local entregado todavía no implementa ramas autónomas entre sedes ni todos esos registros temporales. Hacen falta controladores locales por rama y un comparador posterior. Ejecutar dos veces el programa actual, una en cada país, no equivale a realizar el ensayo distribuido.

Si las copias equivalentes siguen coincidiendo en q_0 , el resultado esperado vuelve a ser $S = 2$. Eso comprobaría concordancia deslocalizada, no una violación de Bell.

Para un test físico de Bell también deben justificarse la independencia de los ajustes y la imposibilidad de comunicación durante el ensayo mediante posiciones, tiempos e incertidumbres registrados. La distancia o el lenguaje no lo garantizan por sí solos. Son condiciones de la verificación externa, no partes añadidas a la construcción de V.

La referencia Q con superconductores utilizó 30 metros en 2023. Hay experimentos fotónicos a 1.203 km, publicados en 2017; no se confunden aquí con dos ordenadores Q generales ni con idénticas condiciones de cierre de lagunas.

El protocolo detallado de preparación, inicio, registros y comparación está en la sección 9 del informe:

[./pdfs/ES_52_EnsayoBellV1.pdf](#)

Esta extensión está propuesta y no ejecutada. Los resultados asentados siguen siendo los del ensayo local.

Cada sede obtendrá y conservará su propio conjunto de registros. Una vez realizadas las pruebas acordadas, se confrontarán ambos conjuntos para evaluar las correlaciones y el cumplimiento de las condiciones del test. El resultado de la prueba deslocalizada se determinará entonces, sin darlo por aprobado ni por rechazado de antemano.

8. CONCLUSIÓN

Relacionar valores desconocidos y comprobar correlaciones son pasos distintos de demostrar una violación de Bell.

El ensayo local de V1 conserva la respuesta de Deutsch entre copias seleccionadas y da $S = 2$. Esa concordancia no es una violación de Bell. La evaluación de otro montaje exige describir y comprobar sus propias condiciones.

9. FUENTES

[./pdfs/ES_52_EnsayoBellV1.pdf](#) [./datos/ES_52_EnsayoBellV1/resultado_asentado_v1.json](#) Protocolo CHSH: <https://quantum.cloud.ibm.com/learning/en/courses/basics-of-quantum-information/entanglement-in-action/chsh-game> Fundamento científico del Nobel de Física 2022: <https://www.nobelprize.org/uploads/2026/05/advanced-physicsprize-2022-5.pdf> Experimento Q con superconductores, 30 metros: <https://www.nature.com/articles/s41586-023-05885-0> Experimento fotónico con estaciones separadas 1.203 km: <https://arxiv.org/abs/1707.01339>

RELACIÓN CON LA SERIE

Anterior: [./pdfs/ES_52_06_ConceptosVcomputacion.pdf](#)

Esta etapa de la exposición termina en el artículo 07. Las siguientes construcciones se presentarán en una etapa posterior.

Los conceptos se publican desde v-computacion, proyecto separado de UNIHOLOG. El proyecto base ES_52 permanece en UNIHOLOG. DEMUESTRA trabajará sobre la versión española de ese proyecto base; su verificación documental se limita a los archivos .md en español.

PROTOCOLO LA BELL EN DOS SEDES CON LA MISMA MÁQUINA V1

1. DEFINIR LA CAMPAÑA

Se designan las sedes A, en España, y B, en Italia. Antes de ejecutar se acuerdan el identificador de campaña, el número de ensayos, los oráculos conocidos, los identificadores de cada ensayo y el tratamiento de errores y ausencias. Se decide analizar q₀ como respuesta de Deutsch y q₁ por separado como salida adicional.

2. DUPLICAR LO CONOCIDO

Se copian en dos USB el programa V1, sus módulos, el entorno y la configuración conocida antes de arrancar. Se anotan las versiones y las huellas SHA-256. No se duplica una ejecución preparada en RAM ni se introducen resultados futuros. Una copia queda en cada sede.

3. COMPROBAR LA INSTALACIÓN

Cada sede arranca su ordenador y verifica localmente los cuatro casos conocidos de Deutsch. Estas ejecuciones de instalación quedan separadas de la campaña que se analizará. Cada nueva ejecución requiere su propia preparación.

4. ACORDAR EL INICIO Y AISLAR LAS RAMAS

Se fija de antemano una ventana de inicio y un plan público de identificación de ensayos. Se eliminan del programa de pruebas las consultas a la otra sede y se bloquean los canales de intercambio durante la preparación y la ejecución. No se utiliza una respuesta remota como condición para producir la salida local.

Una hora acordada no demuestra simultaneidad física exacta. Si se pretende certificar aislamiento espacio-temporal de Bell, deben registrarse posiciones, elecciones, resultados e incertidumbres de reloj, según el informe específico. Un montaje sin esos controles se presenta como comprobación informática deslocalizada.

5. PREPARAR LOCALMENTE CADA ENSAYO

Para el mismo identificador, ambas sedes reciben el oráculo conocido correspondiente y preparan localmente una V1 nueva. Se mantienen el desconocimiento y la independencia requeridos por la definición de V. La preparación no entrega los valores internos que deben permanecer desconocidos.

6. REALIZAR LA SELECCIÓN LOCAL

En cada rama hay dos etiquetas de selección: A₀ o A₁ en España y B₀ o B₁ en Italia. En esta repetición representan copias equivalentes de la misma V1, no operaciones de medida diferentes.

Se puede realizar primero un bloque ordenado de control. En el bloque aleatorio, cada selector externo local obtiene su bit después de la preparación y antes del disparo, sin consultar el selector remoto. No se distribuyen semillas o listas conjuntas que predeterminen las elecciones futuras del bloque aleatorio. Se documenta cómo se sostiene la independencia de los ajustes respecto a las variables internas pertinentes.

7. DESENCADENAR EL COLAPSO Y ADQUIRIR EL RESULTADO

Cada sede desencadena el colapso de su V_1 y registra t_0 . El resultado de esa ejecución queda establecido. La lectura adquiere ese resultado y registra su finalización, t_1 . No es necesario que una persona observe durante el proceso: el controlador local registra los datos automáticamente.

No se consulta al otro ordenador durante este proceso. Una preparación consumida no se repite para sustituir un resultado desfavorable. Si falla el ensayo, se conserva la incidencia con su identificador.

8. CONSERVAR LOS REGISTROS LOCALES

Cada sede guarda, para cada ensayo: identificador de campaña y de ensayo; oráculo conocido; selector local; q_0 y q_1 ; estado de adquisición; instante de elección; t_0 ; t_1 ; versión y huella del código; e incidencias. Se distinguen los relojes locales de una referencia temporal común y se anota su incertidumbre cuando corresponda.

Los valores internos necesarios para la verificación externa de coherencia se examinan únicamente después del colapso y de la medida, según el procedimiento del artículo 05. No se considera certificada su independencia por el mero hecho de ejecutar copias en países distintos.

9. CERRAR LOS ARCHIVOS Y REUNIRLOS

Una vez fijados los resultados del bloque se cierra cada archivo y se calcula su huella. Después se pueden enviar los archivos por red o trasladarlos en USB al analizador externo. Esta transferencia posterior no participa en la obtención de las salidas.

Se comprueban las huellas y se emparejan los registros por campaña e identificador. Se detectan duplicados, ausencias, entradas distintas y errores. No se buscan parejas a posteriori que aumenten la coincidencia ni se ocultan ensayos fallidos.

10. VERIFICAR LA RESPUESTA DE V_1

Se comprueba por separado, en cada sede, que q_0 cumple:

$$q_0 = f_0(0) \text{ XOR } f_0(1)$$

Se cuentan las discrepancias entre sedes para cada oráculo. Esta primera comprobación evalúa concordancia funcional y se informa separadamente de CHSH.

11. CALCULAR LAS CORRELACIONES DE BELL

Para q_0 y después para q_1 se agrupan los registros por la pareja de selectores: 00, 01, 10 y 11. En cada grupo se cuentan las salidas iguales y distintas:

$$E_{xy} = (\text{número de salidas iguales} - \text{número de salidas distintas}) / N_{xy}$$

Cada grupo se normaliza por su propio número de registros. Si falta una pareja de ajustes, CHSH no es estimable con esos datos. Se calcula:

$$S = E_{00} + E_{01} + E_{10} - E_{11}$$

Se informa del número de ensayos por grupo, las incidencias, las cuatro correlaciones y S para cada bit. No se escoge después únicamente el bit más favorable.

12. EVALUAR LA NO VIOLACIÓN OBSERVADA

Se contrasta el resultado con el límite local de Bell:

$$|S| \leq 2$$

Si las salidas coinciden siempre en los cuatro grupos, las cuatro correlaciones son 1 y $S = 2$. Se informa que no se observó una violación en esa muestra. No se convierte esa observación finita en una demostración de ausencia de violación para cualquier montaje o ejecución futura.

Se evalúan también la incertidumbre estadística y las condiciones efectivamente cumplidas. Un valor estimado mayor que 2 requiere análisis estadístico y auditoría antes de atribuirlo a una violación. Un valor estimado menor o igual a 2 se describe como no violación observada, no como prueba universal de localidad.

Si hubo pérdidas o fallos, no se atribuye a las correlaciones de los únicos casos exitosos el alcance de un test sin lagunas. Se aplica el tratamiento acordado y, cuando sea necesario, se declara inconclusa esa interpretación de Bell.

13. ASENTAR EL RESULTADO DE LA CAMPAÑA

El informe final conserva los dos archivos originales, sus huellas, el plan previo, las versiones, el procedimiento de selección, los conteos y el análisis. Se distingue expresamente entre concordancia de V_1 , valor CHSH observado y condiciones de aislamiento e independencia verificadas.

En el ensayo ya realizado en un solo ordenador hubo concordancia completa en q_0 y $S = 2$. Para España–Italia no se anticipa un resultado: se determinará al ejecutar y confrontar los registros de ambas sedes.

El controlador distribuido, la elección posterior a la preparación y el registro separado de t_1 siguen pendientes de implementación. El programa entregado ejecuta dos ramas en un ordenador; no debe presentarse como ejecutor distribuido ya disponible.

Los artículos en PDF y sus archivos de referencia están disponibles en la web del autor: <https://estrada.es>
Consulte principalmente los proyectos V-COMPUTACION, UNIHOLOG y DEMUESTRA.

Acceso web directo al protocolo desarrollado y sus fórmulas, versión PDF:

https://estrada.es/teorias/pdf/V-COMPUTACION/pdfs/ES_52_EnsayoBellV1.pdf

Enlace relativo al mismo PDF dentro del proyecto: [./pdfs/ES_52_EnsayoBellV1.pdf](#)

FIN DEL ARTÍCULO 07