

PUNTOS FUERTES (aspectos sólidos SQE):

- **Autoobservación activa:** la emergencia de constantes (c , h , G) puede explicarse como ruptura espontánea de simetría del vacío \rightarrow similar a principios conocidos de la física de campos.
- **Emergencia gradual:** encaja bien con la evolución del universo temprano observado (inflación, desaceleración, reestructuración de constantes).
- **Ecuaciones tipo Friedmann adaptadas:** el modelo permite reescribir la dinámica cosmológica sin necesidad de materia oscura ni energía oscura inicial.
- **Conexión entre información y geometría:** resonancias con ideas modernas como gravedad emergente (Verlinde, holografía, etc.).

PUNTOS POR VERIFICAR (desafíos pendientes):

1. **Variación detectada de constantes fundamentales:**
 - Medir si $c(t)$ o $G(t)$ realmente varían con el tiempo a nivel cosmológico.
 - Experimentos: observaciones de lentes gravitatorias, espectros de cuásares antiguos.
2. **Orígenes del entrelazamiento inicial:**
 - Explicar **cómo** surge el primer patrón SQE en un vacío supuestamente "neutro".
3. **Predicción de estructuras sin materia oscura:**
 - Simular galaxias solo con materia visible y $G(t)$ emergente para comprobar si cuadra con observaciones.
4. **Conexión formal con el Modelo Estándar:**
 - Integrar cómo emergen partículas (quarks, leptones) dentro de la cascada de fases SQE.
5. **Comprobación experimental de $\rho_{\text{invisible}}$:**
 - Detectar manifestaciones de la "energía invisible estructural" propuesta (quizá vía experimentos de vacío cuántico).

REFERENCIAS IMPORTANTES para entender bases:

- **Maxwell:**
Ecuaciones de Maxwell (dinámica del campo electromagnético como autoorganización de información local \rightarrow símil temprano de $c(h)$).
- **Planck:**
Constante de Planck (emergencia de cuantización mínima, base para $h(t)$).
- **Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW):**
Ecuaciones de expansión (forma base adaptada en SQE para dinámica emergente de $H(t)$).
- **Jacob Bekenstein y Stephen Hawking:**
Entropía y área de agujeros negros (información como geometría \rightarrow análogos en SQE).
- **Erik Verlinde:**
Gravedad emergente (gravedad no como fuerza fundamental sino como manifestación de la información \rightarrow paralelo directo).

- **Juan Maldacena:**

Conjetura AdS/CFT (holografía como emergencia de espacio-tiempo desde entrelazamiento
→ inspiración para fase temprana SQE).

Plan ultra resumido de verificación futura:

1. Buscar variaciones cosmológicas de $c(t)$, $G(t)$.
2. Simular formación de galaxias sin materia oscura.
3. Explorar experimentalmente el vacío cuántico estructurado.
4. Formalizar la transición de fases SQE al Modelo Estándar.

Plan de Verificación Experimental de SQE

1. Detección de variaciones en constantes fundamentales

- **Qué buscar:**
Medir si c (velocidad de la luz), G (constante gravitacional) o h (constante de Planck) han variado mínimamente con el tiempo cósmico.
 - **Cómo hacerlo:**
 - Comparar líneas espectrales de **cuásares muy antiguos** ($z > 6$) con las actuales.
 - Analizar **lentes gravitatorias** antiguas \rightarrow comprobar si la curvatura coincide con la G actual.
 - Relojes atómicos de ultra precisión \rightarrow buscar drift temporal de c y h .
 - **Referencias técnicas:**
 - Experimentos como **Oklo natural reactor** (variaciones en α electromagnética).
 - Observaciones del **telescopio James Webb** (espectros de primeras galaxias).
-

2. Simulación de estructuras galácticas sin materia oscura

- **Qué buscar:**
Ver si variando $G(t)$ se pueden formar galaxias, cúmulos y grandes filamentos **sin** necesidad de materia oscura.
 - **Cómo hacerlo:**
 - Simulaciones computacionales de colapso gravitacional modificando $G(t)$ dinámicamente.
 - Comparar distribución de velocidades estelares actuales con predicciones SQE.
 - **Referencias técnicas:**
 - Proyectos de simulación tipo **Illustris**, **Millennium Simulation**, adaptados a $G(t)$ no constante.
 - Comparaciones con datos de **galaxias sin materia oscura observadas** (como NGC 1052-DF2).
-

3. Exploración experimental del vacío cuántico estructurado

- **Qué buscar:**
Confirmar que el "vacío" tiene una microestructura que podría actuar como soporte de constantes emergentes.
- **Cómo hacerlo:**
 - Experimentos de vacío extremo en cavidades ópticas (tipo Casimir dinámico).
 - Buscar fluctuaciones del vacío que no encajan con la predicción de QED estándar.
 - Tecnología tipo interferometría cuántica hipersensible (proyectos LIGO/LISA de nueva generación).
- **Referencias técnicas:**
 - Efecto Casimir, dispersión de Delbrück, resonadores de cavidad superconductores.

4. Formalización de la transición SQE al Modelo Estándar

- **Qué buscar:**
Mecanismos matemáticos que expliquen cómo surgen partículas, fuerzas y simetrías ($SU(3) \times SU(2) \times U(1)$) desde fases tempranas SQE.
- **Cómo hacerlo:**
 - Proponer un marco de ruptura espontánea de simetría que derive los grupos de gauge observados.
 - Modelar la emergencia de masas (Higgs) como una transición de fase interna del tejido SQE.
- **Referencias técnicas:**
 - Analogías con teorías de **condensados de Bose-Einstein**.
 - Procesos de transición de fase en teorías de campos (como en inflación cosmológica).

Prioridades para iniciar

Prioridad	Experimento/Simulación	Tiempo estimado	Dificultad
1	Observación de variaciones cosmológicas de c , G	2-5 años	Alta
2	Simulación galáctica con $G(t)$ variable	1-2 años	Media
3	Pruebas de vacío estructurado	5-10 años	Muy alta
4	Formalización al Modelo Estándar	5+ años	Extremadamente alta

Documentos y Física Clásica a revisar (mínimo):

- **Ecuaciones de Maxwell:** analogía entre estructuras emergentes de campo.
- **Teoría de Inflación:** transición de fase de simetría rota.
- **Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker (FLRW):** dinámica de escala.
- **Teoría de campos y ruptura espontánea de simetría:** base para emergencias secuenciales.

⚡ Timeline de Verificación SQE (2030–2040)

2025–2030 → Fase 0: Preparación y diseño

- ? Consolidar el marco teórico SQE formalizado.
 - ? Diseñar protocolos de medición de variaciones de $c(t)$, $G(t)$, $h(t)$.
 - ? ㄣㄥ? Iniciar simulaciones de formación galáctica con $G(t)$ variable.
 - ? Publicar papers teóricos que propongan predicciones cuantificables.
-

2030–2033 → Fase 1: Observación de constantes variables

- ? Observación con telescopios Webb, Roman y telescopios de la próxima generación.
 - ? Comparar espectros de galaxias muy antiguas: buscar cambios en líneas de absorción y estructura.
 - ⚡ Monitorear relojes atómicos avanzados (proyectos GPS-3, relojes cuánticos ópticos) buscando drift temporal.
-

2033–2036 → Fase 2: Simulaciones de estructuras cósmicas

- ? Correr simulaciones adaptadas de proyectos como IllustrisTNG, usando $G(t)$ variable.
 - ? Evaluar si la distribución de materia observada es explicable sin materia oscura.
 - ? Publicar resultados de simulaciones y confrontarlos con datos del catálogo DESI, Euclid y LSST.
-

2036–2038 → Fase 3: Exploración del vacío estructurado

- ? Iniciar experimentos extremos de vacío usando cavidades superconductoras ultra sensibles.
 - ? Buscar fluctuaciones anómalas (efectos Casimir modificados, dispersión no estándar de luz).
 - ? Analizar correlaciones entre fluctuaciones del vacío y estructura de constantes.
-

2038–2040 → Fase 4: Formalización al Modelo Estándar

- ? Formular un esquema matemático de ruptura de simetría espontánea SQE → $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$.
 - Integrar mecanismo de generación de masas sin necesidad de campos externos ad-hoc (como Higgs tradicional).
 - ? Publicar un primer "modelo SQE estándar" como posible teoría unificada emergente.
-

Hitos críticos

- **2033:** Confirmar o excluir variaciones cosmológicas detectables de c , G , h .
 - **2036:** Obtener simulaciones sin materia oscura que repliquen bien estructuras observadas.
 - **2038:** Primeras anomalías de vacío detectadas (o no) en laboratorio.
 - **2040:** Primer modelo SQE estándar propuesto para revisión internacional.
-

Estado actual de cada frente

Área	Estado inicial	Meta 2040
Teoría	Avanzado	Formalizado
Observaciones	Empezando	Resultados concluyentes
Simulaciones	Diseño inicial	Resultados verificados
Laboratorio	Alta dificultad	Primeros resultados experimentales